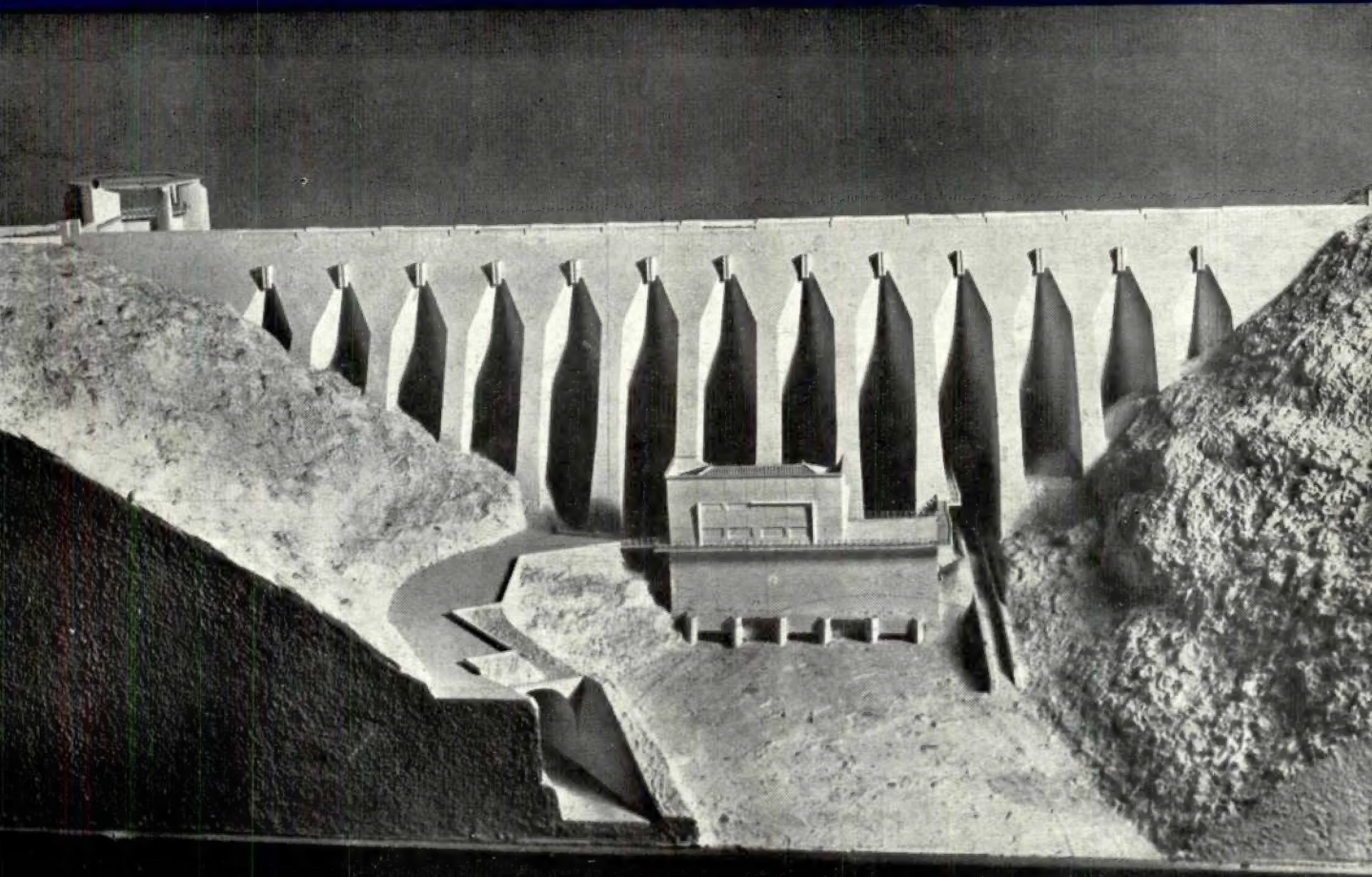
# TÉCNICA



## REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 191-Abril-1949

CIMENTO

# SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMÉRCIO, 56, 3.º
LISBOA

Oficina e Laboratórios

do

# INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDES, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTECNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA-ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público.

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

## Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

Agentes em todo o País

NÚMERO
191
Abril — 1949

# TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N./ TEL. 70144 (linha 50)

**DIRECTOR**
HENRIQUE ESTÁCIO MARQUES

**ADMINISTRADOR**
JOSÉ MARIA AVILLEZ

**BIBLIOTECÁRIO**
HORÁCIO DE CAMPOS NETO

**SECRETÁRIO**
LUÍZ DA CUNHA FERRAZ

**CORPO REDACTORIAL**
JOÃO A. A. JUSTO
JOSÉ PIRES CASTANHO
DUARTE N. MENDES DA COSTA

NÚMERO AVULSO 9$00

**ASSINATURAS:**

| | 3 N.os | 6 N.os | 12 N.os |
|---|---|---|---|
| Continente e Ilhas | 25$00 | 45$00 | 85$00 |
| Colónias Portuguesas e Estrangeiro | — | 50$00 | 90$00 |

**EDITOR E PROPRIETARIO**
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T

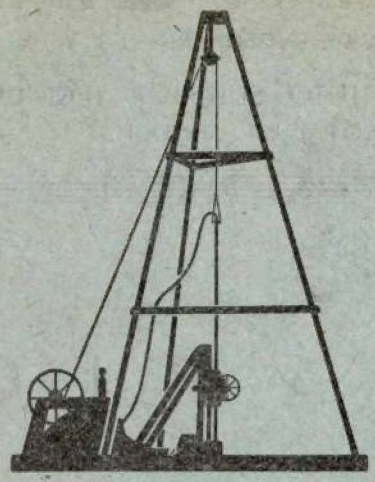
COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.da
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

# SUMÁRIO

**CAPA — Maquette da Barragem de Pracana, em construção no rio Ocreza. — Altura, 60 metros. Potência instalada, 20.000 CV.**

| | | Págs. |
|---|---|---|
| **A organização do Curso de Química do Instituto Superior Técnico** | Eng.º Luís A. de Almeida Alves | 323 |
| **Betão sem finos** | Eng.º Jovito Mendes Tainha | 347 |
| **Linhas de transmissão de energia eléctrica em corrente alternada. Regime forçado** | Eng.º António A. de Carvalho Fernandes | 358 |
| **Processos unitários da química orgânica. — Nitração** | Eng.º Manuel Chagas Roquette | 375 |
| **Tipos modernos de transmissões** | José Jorge Canelas | 386 |
| **Secagem** | Eng.º Luís A. de Almeida Alves | 399 |
| **Biblioteca** | | 412 |

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES



RODIO

As melhores referências no país e no estrangeiro

## SONDAGENS RODIO, Limitada

Sondagens geológicas, estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geotécnico

Pesquisas de água.

Consolidação e impermeabilização de terrenos e de obras por meio de injecções de cimento, produtos químicos, argila activada, emulsão betuminosa Shellperm, etc.

Estacas de betão armado, sistema **Ródio** moldadas no solo sem trepidações.

Rebocos comprimidos por «cement gun»

Fundações em terrenos difíceis quer por congelação artificial, quer por abaixamento do lençol de água.

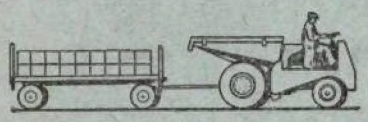
Sócio gerente residente em Portugal:
Walter Weyermann, Eng. civil

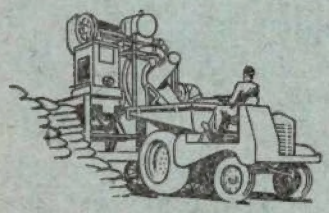
R. S. Mamede ao Caldas, 22, 3.º — LISBOA

Tel. 2 8685

# MUIR-HILL DUMPER

TRANSPORTADORES BASCULANTES COM COMANDO ROTATIVO





O método mais económico de transportar materiais a granel, como podem comprovar as unidades já ao serviço em Portugal

///

OS REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

HENRY M. F. HATHERLY, L.DA

RUA DO COMÉRCIO, 8

Telefones 2 2001 e 2 6633 — LISBOA

vos fornecerão todos os detalhes e as suas propostas para entregas rápidas

# WILD

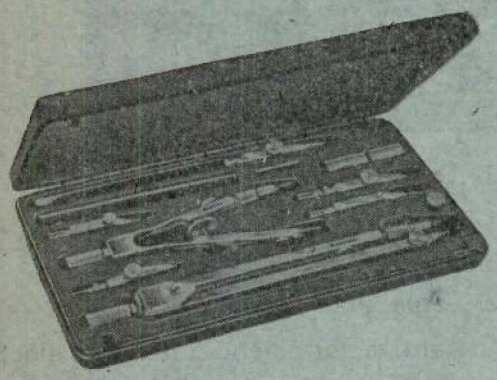
## NOVAS CONSTRUÇÕES

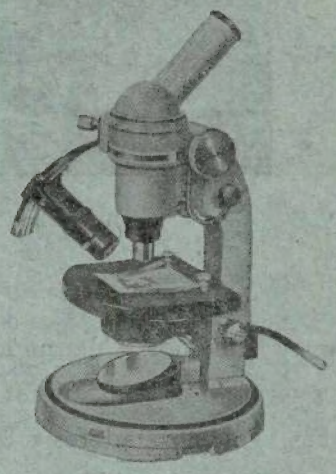
### INSTRUMENTOS PARA DESENHO DE AÇO INOXIDÁVEL

Máxima precisão. Duração ilimitada.

### MICROSCÓPIOS E LUPAS

Concepção moderna. Todos os tipos e categorias.





A marca característica abaixo é garantia de excelência de fabrico

**BREVEMENTE NO MERCADO PORTUGUÊS • ACEITAM-SE ENCOMENDAS**

Catálogos descritivos ilustrados ao dispor de todos os interessados

**Representantes exclusivos para Portugal e Colónias :**

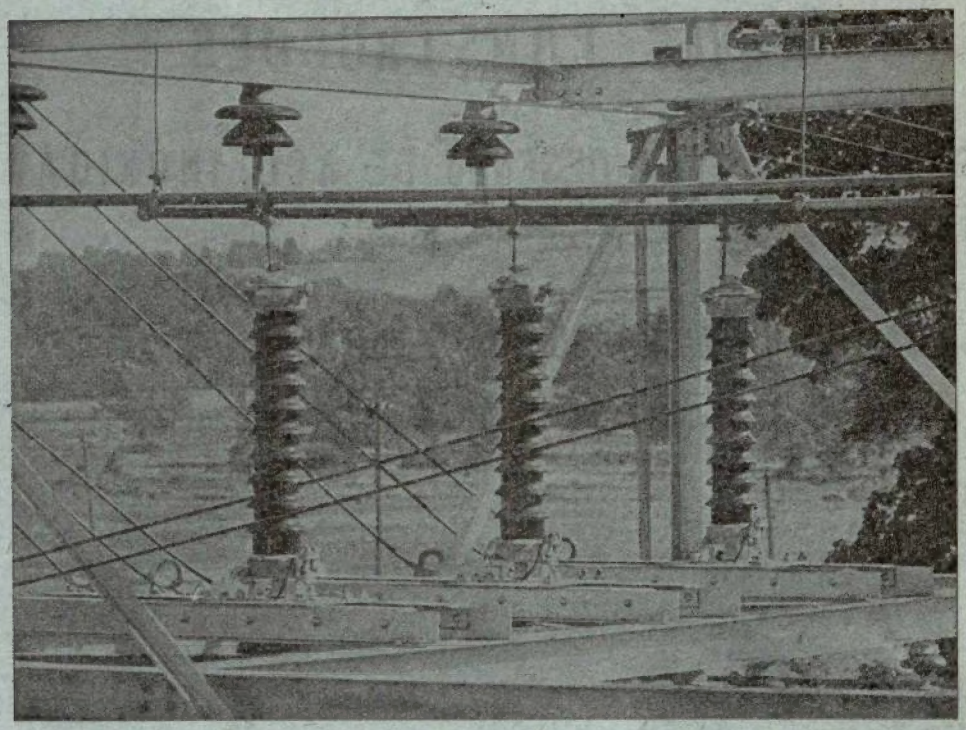
PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

R. EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 TELEF. 2 4314/15 LISBOA

WILD
HEERBRUGG

# GENERAL ELECTRIC

## Schenectady, N. Y.



Aparelhos de protecção «THYRITE» contra sobretensões

Motores e dínamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão Centrais termo e hidroeléctricas. Instalações para melhorar o factor potência. Tracção eléctrica. Máquinas, Transformadores e Electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel-Eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Condutores eléctricos. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas têxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas. Emissores e receptores para T. S. F. Aparelhagem de Electro-Medicina. Instalações de Som.

**GENERAL ELECTRIC**

**Portuguesa, S. A. R. L.**

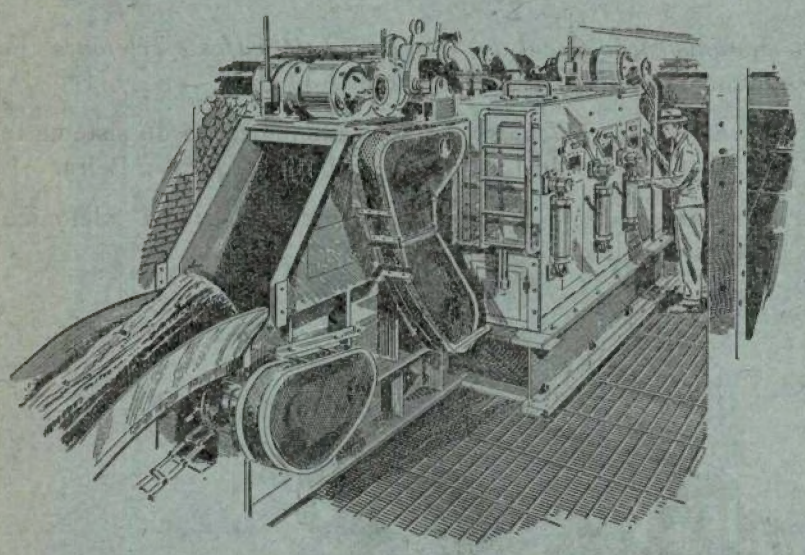
LISBOA

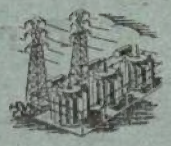
**Rua do Norte, 5**

**Telef. 28135-28136**

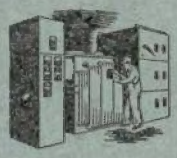
# ALLIS-CHALMERS

**O Fabricante da Mais Vasta Linha de Equipamento Industrial do Mundo**

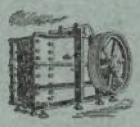




Equipamento eléctrico



Subestações



Britadeira

Bombas

Peneiros

## DESCASQUE RÁPIDO, EFICIENTE, ECONÓMICO

A figura mostra um **STREAMBARKER** Allis-Chalmers, com o qual produzem melhor papel a mais baixo custo os fabricantes de muitos países. Esta máquina usa jactos de água a alta pressão para limpeza dos troncos, retirando a casca, terra e madeira seca. A Allis-Chalmers fabrica muitas outras máquinas eficazes para a indústria da pasta e do papel, tais como máquinas de desbastar, crivos, digestores, alimentadores de alta densidade, bombas, motores, turbinas de vapor e equipamento eléctrico

**Quando se trate de Maquinaria, queira consultar-nos:**

Como representantes da Allis-Chalmers, podemos satisfazer muitas das suas necessidades industriais com equipamento reconhecido em todo o mundo pela sua qualidade e larga duração.

## ESTABELECIMENTOS HEROLD, LIMITADA

Rua dos Douradores, 7 Lisboa Telef. 2 4221/3

# AUTOMÁTICA ELÉCTRICA PORTUGUESA

S. A. R. L.

Séde — AV. ANTÓNIO AUGUSTO AGUIAR, 19-3.º
Fábrica — AV. INFANTE D. HENRIQUE (Cabo Ruivo) } LISBOA

**A primeira Fábrica de Telefones em Portugal**

**Fornecedores:** Da *Administração Geral dos Correios, Telégrafos e Telefones:* para a automatização do sistema telefónico do País.

Do *Ministério das Colónias:* para a automatização do sistema telefónico das cidades de Luanda, Lourenço Marques, e Beira.

Da *Companhia dos Telefones:* para todo o sistema telefónico das cidades de Lisboa e Porto.

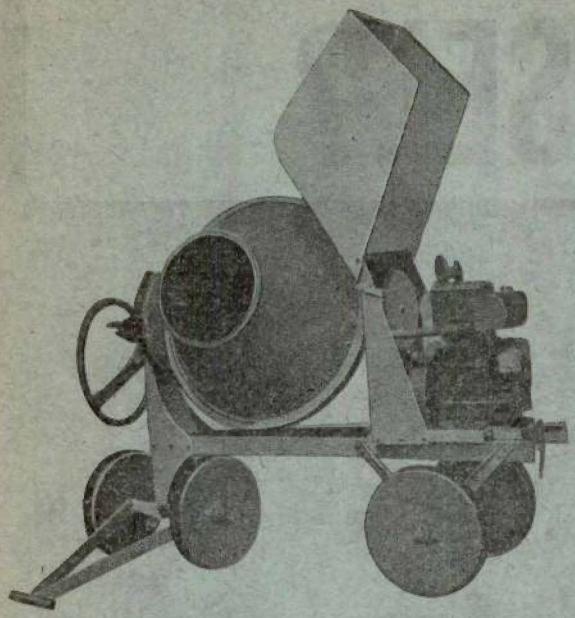
Desde 1947 que os aparelhos telefónicos adquiridos pela Administração Geral dos Correios, Telégrafos e Telefones e pela The Anglo Portuguese Telephone Cº, Ltd., são fabricados em Portugal na FÁBRICA da AUTOMÁTICA ELÉCTRICA e por mão de obra inteiramente Portuguesa.

**associada da**

**AUTOMATIC TELEPHONE & ELECTRIC Cº LTD.**

**LONDRES** ATM **LIVERPOOL**

# Betoneiras "STOTHERT & PITT, LTD."



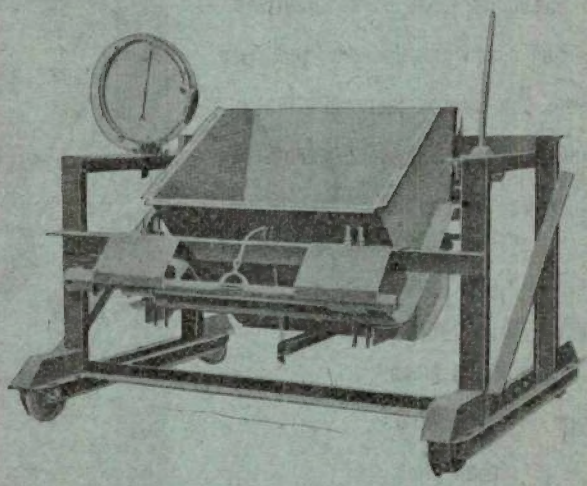
DE 142, 190 e 283 LITROS

DE CAPACIDADE

PARA ENTREGA IMEDIATA

# Doseador de Beton "STOTHERT & PITT, LTD."

Para betoneiras
até 283 litros
de capacidade



PARA ENTREGA IMEDIATA

**Representantes exclusivos:**

**E. PINTO BASTO & C.ª L.DA**

Stand de Exposições: Trav. dos Remolares, 5 — LISBOA

**No Porto:** KENDALL, PINTO BASTO & C.ª, L.DA

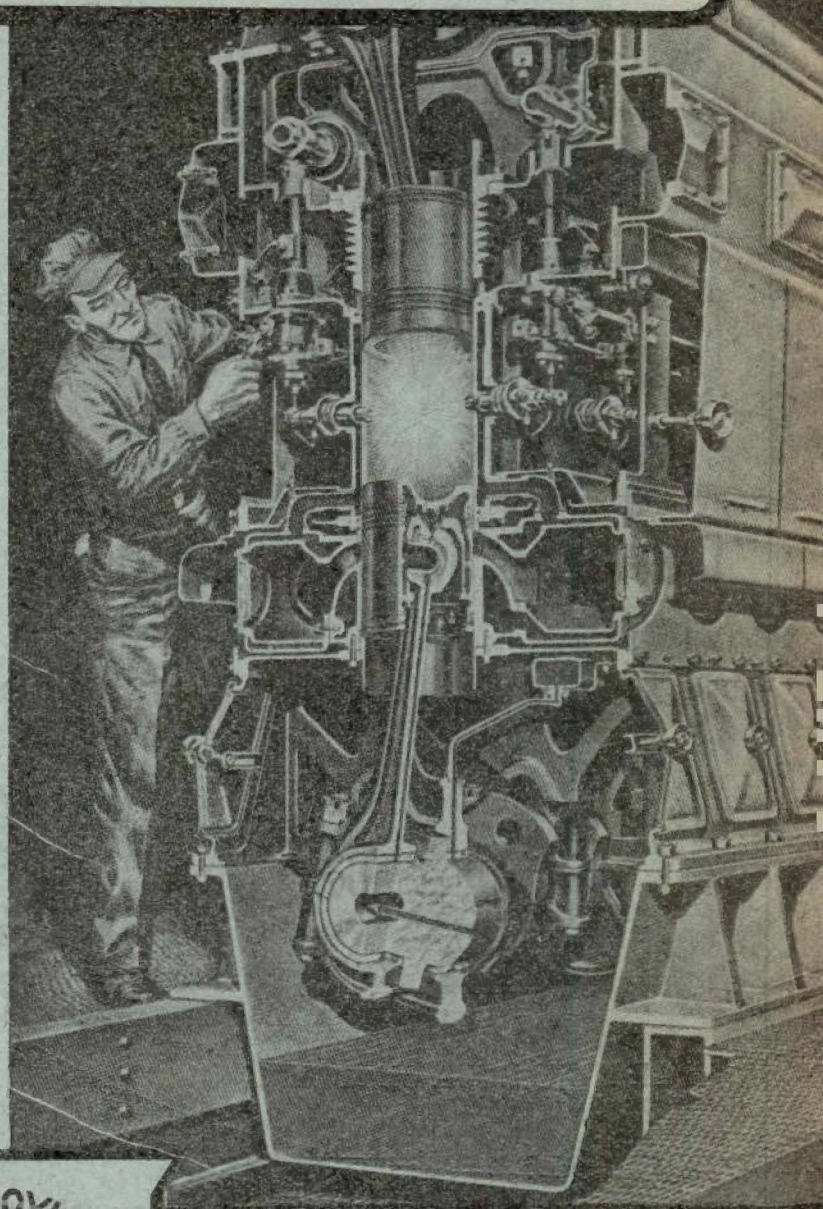
# O QUE É FEITO DO "BÉBÉ" DO DR. DIESEL?

O "bébé" do Dr. Diesel cresceu e fez-se um gigante, com a ajuda dos óleos Gargoyle!

É verdade! O pequeno ser criado pelo génio do célebre inventor e que em 1897 ensaiava os primeiros passos, já protegido e amparado por óleos Vacuum, cresceu e tem hoje muitos descendentes de vulto.

A figura à direita mostra um dos últimos representantes da família: é um gigante de 2.000 cavalos, com êmbolos opostos, do tipo hoje montado nas mais potentes locomotivas. Mais ainda do que o seu antepassado, tem necessidade de um óleo que se mantenha inalterável sob tremendas pressões e temperaturas e conserve, limpos de resíduos, êmbolos e segmentos.

As condições de funcionamento não são as de 1897 e, por isso, os óleos Gargoyle tiveram de acompanhar o progresso. Hoje são os óleos Gargoyle DTE, numerados, que asseguram a protecção mais completa e o rendimento mais elevado de milhares de motores Diesel industriais.



GARGOYLE

Lubrificantes

SOCONY-VACUUM OIL COMPANY, INC.

TÉCNICA
HENRIQUE ESTÁCIO MARQUES
DIRECTOR

ANO XXV - N.º 191 ABRIL 1949

# A ORGANIZAÇÃO DO CURSO DE QUÍMICA DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL LUÍS A. DE ALMEIDA ALVES
Assistente do I. S. T.

C. D. 66.0 (077)

## INTRODUÇÃO

No artigo anterior, sobre «A Organização do Curso Geral do Instituto Superior Técnico» (1), estabeleceu-se um modelo de programas e de horários dos três primeiros anos do Instituto, cuja elaboração teve por objectivo concentrar, no terceiro ano, os assuntos que foram designados por assuntos básicos da Engenharia (Resistência de Materiais, Dinâmica dos Fluidos, Teoria do Calor e das Máquinas Térmicas e Teoria da Electricidade e das Máquinas Eléctricas). Para completar o estudo da organização do curso de Química (o único de que se tratará, como já se disse), resta fazer uma análise, em pormenor, da Física, 4.ª parte, de Máquinas, 2.ª parte (ver artigo anterior) e das cadeiras que constituem os *assuntos gerais de Química* e os *assuntos complementares*, os quais foram definidos no artigo sobre «A Estruturação Teórica do Curso de Engenharia Química» (2), e que são os seguintes:

*Assuntos gerais de Química*

Mecânica Química
Mecânica Atómica
Tecnologia Química
Métodos Físicos de Análise

*Assuntos complementares*

Química Inorgânica
Química Orgânica
Química Analítica

(1) «Técnica» n.º 190.
(2) «Técnica» n.º 187.

Metalurgia
Electroquímica Aplicada
Tecnologia Aplicada
Contrôle das Reacções Químicas.

A estas cadeiras há que acrescentar mais duas que, embora fora da estruturação indicada, são necessárias para a organização definitiva, as quais se poderão designar por *assuntos auxiliares* e que são:

Mineralogia e Geologia
Projectos Industriais.

## CAPITULO I

## ESCOLHA DOS PROGRAMAS

### a) *Cadeiras citadas no artigo anterior*

Como consequência dos artigos citados anteriormente, pode estabelecer-se o seguinte programa para estas cadeiras:

### 1) Física

### 4.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Equações gerais da Dinâmica dos fluidos reais. Fluidos incompressíveis. Hidrostática. Hidrodinâmica dos líquidos perfeitos. Equação de Bernoulli. Hidrodinâmica dos líquidos reais. Perda de carga. Número de Reynolds. Coeficiente de atrito. Fórmula de Darcy | 3 aulas |
| Estática e dinâmica dos gases. Perdas de carga | 1 aula |
| Resistência de um fluido ao movimento de um sólido. Fórmulas de Newton e Stokes | 2 aulas |
| Transmissão de calor. Condução. Coeficiente de transmissão. Números de Reynolds e de Prandtl. Irradiação. Transmissão não permanente. Aplicação aos regeneradores | 3 aulas |
| Dissolução. Difusão e convecção. Lei de Fick. Coeficiente de progressão. Números de Reynolds e de Schmidt | 1 aula |
| Lei das fases. Diagramas binários e ternários. Aplicações à metalurgia, aos silicatos e às soluções. Coeficiente de distribuição | 3 aulas |
| Capilaridade. Tensão superficial. Parachor | 2 aulas |
| Fotografia | 2 aulas |
| Microscopia | 2 aulas |
| Espectros luminosos, infravermelho e ultravioleta | 3 aulas |
| Interferência | 4 aulas |
| Polarização da luz | 2 aulas |
| Fluorescência | 1 aula |
| Ótica cristalina | 3 aulas |
| Célula foto-eléctrica | 2 aulas |
| Espetrografia de massas | 3 aulas |
| Ondas ultra-sónicas | 3 aulas |
| Total | 40 aulas |

## 2) *Máquinas*

### 2.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Refrigeração . . . . . | 8 aulas |
| Compressores e hipercompressores (complemento do estudo do Transporte de Gases, feito em Tecnologia Química). Compressão do hidrogénio e do azoto, destinados à indústria do amoníaco. Aparelhagem de alta pressão . . . . . | 12 aulas |
| Obtenção do azoto por destilação do ar líquido. Obtenção do hidrogénio a partir dos gases dos fornos de coque. (Utilização das noções de destilação, estudadas em Tecnologia Química) . . . . | 10 aulas |
| Pormenores de construção e montagem da aparelhagem destinada às operações unitárias (complemento da Tecnologia Química) . . . | 10 aulas |
| Total . . . | 40 aulas |

## b) *Assuntos Gerais de Química*

O estudo dos quatro assuntos Gerais do curso de Química conduz ao estabelecimento de 3 semestres de Mecânica Química (um dos quais, no terceiro ano, como já se disse), um semestre de Mecânica Atómica, 2 semestres de Tecnologia Química e um semestre de Métodos Físicos de Análise, com a distribuição que a seguir se indica.

## 1) *Mecânica Química*

### 1.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Constituição dos átomos. Modelo de Rutherford. Classificação de Mendelejeff. Valência . . . . . | 5 aulas |
| Teoria iónica. Leis de Faraday. Grau de dissociação. Lei de Vant'-Hoff. Factor de Arrhenius . . . . . | 4 aulas |
| Reacções iónicas. Escrita das equações sob a forma iónica. Oxidação e redução . . . . . | 7 aulas |
| Leis de Bertholet. Aplicações. Estudo das principais funções químicas minerais. Teoria dualista . . . . . | 6 aulas |
| Sais múltiplos e complexos . . . . . | 7 aulas |
| Compostos químicos diversos . . . . . | 2 aulas |
| Enunciado da lei de acção da massa. Aplicação aos electrólitos. Efeito do ião comum. p H. Hidrólise. Soluções — tampão . . . . | 9 aulas |
| Total . . . | 40 aulas |

### 2.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Mecânica Química. Classificação dos sistemas. Classificação das reacções | 2 aulas |
| Cinemática química dos sistemas homogéneos. Velocidade de reacção. Casos particulares . . . . . | 4 aulas |
| Reacções simultâneas, reversíveis e sucessivas. Aplicações. Sistemas heterogéneos . . . . . | 3 aulas |
| Influência da pressão e da temperatura . . . . . | 3 aulas |
| Consideração do estado dos reagentes . . . . . | 1 aula |

| | |
|---|---|
| Estática Química dos sistemas homogéneos. Aplicação da Termodinâmica aos equilíbrios químicos. Expressão geral da lei de acção da massa. Leis de Vant'Hoff e de Le Chatelier . . . . . | 4 aulas |
| Sistemas heterogéneos . . . . . | 2 aulas |
| Estudo prático dos equilíbrios . . . . . | 3 aulas |
| Rendimento das reacções . . . . . | 8 aulas |
| Dinâmica Química. Termoquímica . . . . . | 10 aulas |
| Total . . . | 40 aulas |

## 3.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Catálise. Influência dos catalizadores na velocidade das reacções . . | 2 aulas |
| Teorias físicas da catálise. Alterações na expressão da velocidade. Velocidade espacial. Fluidização. Mecanismo da catálise. Venenos | 6 aulas |
| Teorias químicas da catálise. Compostos intermediários . . . . . | 3 aulas |
| Influência dos iões. . . . . | 3 aulas |
| Autocatálise. Auto-oxidação e peroxidação . . . . . | 3 aulas |
| Sistemas heterogéneos . . . . . | 2 aulas |
| Classificação dos catalizadores . . . . . | 3 aulas |
| Fermentações . . . . . | 2 aulas |
| Electroquímica. Voltâmetros . . . . . | 1 aula |
| Migração dos iões. Números de transporte. Condutibilidade dos electrólitos. Determinação experimental. Lei de Kohlrausch . . | 5 aulas |
| Actividade. Fórmula de Thomson . . . . . | 2 aulas |
| Teoria de Nernst. Força electromotriz. Pilhas . . . . . | 4 aulas |
| Tensão electrolítica . . . . . | 1 aula |
| Rendimento da electrólise . . . . . | 2 aulas |
| Reacções secundárias da electrólise . . . . . | 1 aula |
| Total . . . | 40 aulas |

## 2) *Mecânica Atómica*

| | |
|---|---|
| Princípios de Mecânica Relativista e Quântica. Espectros de Raman | 10 aulas |
| Equação de Schrödinger. Princípio de Heisenberg . . . . . | 5 aulas |
| Microscópio Electrónico . . . . . | 5 aulas |
| Noções gerais de Radioactividade . . . . . | 8 aulas |
| Transmutações Atómicas . . . . . | 7 aulas |
| Noções gerais sobre a energia atómica . . . . . | 5 aulas |
| Total . . . | 40 aulas |

## 3) *Tecnologia Química*

## 1.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Transporte de Líquidos (complemento de Física, 4.ª parte) . . . . | 3 aulas |
| Transporte de Gases (idem) . . . . . | 1 aula |
| Transporte de Sólidos . . . . . | 5 aulas |
| Moagem . . . . . | 3 aulas |
| Dosagem e mistura. . . . . | 2 aulas |
| Peneiração. Classificação. Separação por densidades. Flutuação. Separação magnética . . . . . | 2 aulas |

| | |
|---|---|
| Extracção | 5 aulas |
| Sedimentação. Espessamento. Separação eléctrica | 2 aulas |
| Filtração. Prensagem | 3 aulas |
| Centrifugação | 1 aula |
| Evaporação e secagem | 3 aulas |
| Cristalização | 2 aulas |
| Destilação | 4 aulas |
| Absorpção de gases | 2 aulas |
| Adsorpção | 2 aulas |
| Total | 40 aulas |

## 2.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Materiais de Construção da Indústria Química | 10 aulas |
| Recuperadores e regeneradores | 5 aulas |
| Isolamento | 2 aulas |
| Fornos | 10 aulas |
| Gasogéneos | 8 aulas |
| Convertidores | 5 aulas |
| Total | 40 aulas |

### 4) *Métodos Físicos de Análise*

| | |
|---|---|
| Densimetria. Picnómetros. Micro-picnómetros | 1 aula |
| Viscosímetros | 1 aula |
| Potenciometria. Condutibilidade | 2 aulas |
| Medição de pH | 3 aulas |
| Colorimetria. Colorímetros de chama e de célula fotoeléctrica. Nefelometria | 4 aulas |
| Polarimetria. Polarógrafos | 3 aulas |
| Espectrometria. Espectrógrafos. Espectrofotómetros. Espectrometria infravermelha | 5 aulas |
| Espectroscopia de Raman | 3 aulas |
| Espectrografia de massas | 4 aulas |
| Microscopia e fotomicrografia. Microscópio estereoscópico | 3 aulas |
| Fluorescência | 1 aula |
| Absorpção de raios X | 3 aulas |
| Aplicações do Microscópio Electrónico | 4 aulas |
| Análise de substâncias radioactivas. Contador de Geiger | 3 aulas |
| Total | 40 aulas |

## c) *Assuntos complementares*

Os programas das cadeiras referentes aos assuntos complementares terão de ser estabelecidos de acordo com o tempo disponível até ao fim do curso. O estudo da possível escolha destes programas é indicado a seguir.

### 1) *Química Inorgânica*

| | |
|---|---|
| Panorama mundial e nacional da indústria inorgânica | 4 aulas |
| Matérias primas da indústria inorgânica | 4 aulas |

| | |
|---|---|
| Ácidos: Sulfúrico (estudado em pormenor em Tecnologia Aplicada), azótico, clorídrico e sulfato de sódio e fluorídrico . . . . . | 5 aulas |
| Álcalis (estudados, em parte, com maior detalhe, em Tecnologia Aplicada): Hidróxidos de sódio e potássio. Cloro. Cal clorada. Carbonatos de sódio e potássio. Clorato e perclorato de potássio . . . | 5 aulas |
| Água oxigenada . . . . . | 1 aula |
| Enxofre, sulfureto de sódio e tiosulfato de sódio . . . . . | 3 aulas |
| Bromo e iodo . . . . . | 2 aulas |
| Grafite. Carborundum . . . . . | 2 aulas |
| Abrasivos . . . . . | 1 aula |
| Sulfato de ferro . . . . . | 1 aula |
| Sulfato de cobre . . . . . | 3 aulas |
| Nitrato de prata. Cloreto de zinco. Permanganato de potássio. Cromato e dicromato de potássio. Sulfato de alumínio . . . . . | 2 aulas |
| Pigmentos inorgânicos: Compostos utilizados para as diferentes cores. Litopona. Alvaiade. Alvaiade de zinco. Branco de titânio. Zarcão . | 7 aulas |
| Total . . . | 40 aulas |

## 2) *Química Orgânica*

### 1.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Generalidades teóricas . . . . . | 7 aulas |
| Compostos da série alifática. Hidrocarbonetos . . . . . | 7 aulas |
| Derivados halogenados . . . . . | 2 aulas |
| Álcoois . . . . . | 2 aulas |
| Éter-óxidos. Tióis. Outros derivados . . . . . | 2 aulas |
| Aminas . . . . . | 2 aulas |
| Derivados dihalogenados. Aldeídos e cetonas . . . . . | 4 aulas |
| Derivados trivalentes. Ácidos . . . . . | 2 aulas |
| Ésteres. Cloretos de ácido. Anidridos. Amidas . . . . . | 2 aulas |
| Nitrilos. Carbilaminas. Ácido úrico . . . . . | 3 aulas |
| Diálcoois. Diaminas. Amino-álcoois. Dialdeídos . . . . . | 3 aulas |
| Dicetonas. Ácido-álcoois. Amino-ácidos. Protidos . . . . . | 3 aulas |
| Ácido-aldeídos e ácido-cetonas . . . . . | 1 aula |
| Total . . . | 40 aulas |

### 2.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Diácidos. Derivados. Ureia. Barbitúricos . . . . . | 2 aulas |
| Triálcoois. Glicerol. Outras funções trivalentes . . . . . | 2 aulas |
| Funções múltiplas. Pentóis . . . . . | 1 aula |
| Polióis aldeídicos e cetónicos . . . . . | 3 aulas |
| Celulose . . . . . | 1 aula |
| Série benzénica. Núcleos de condensação . . . . . | 6 aulas |
| Derivados azóicos, hidrazóicos e diazóicos. Arsinas . . . . . | 2 aulas |
| Funções de cadeia lateral . . . . . | 2 aulas |
| Compostos poli-nucleares. Núcleos ligados directamente ou separados por um ou mais átomos de carbono . . . . . | 2 aulas |
| Série naftalénica . . . . . | 1 aula |
| Série antracénica . . . . . | 1 aula |

| | |
|---|---|
| Série fenantrénica | 1 aula |
| Série ciclânica | 3 aulas |
| Vitaminas. Tòxinas hemolíticas. Hormonas | 2 aulas |
| Série terpénica. Cânfora. Compostos aparentados aos terpenos | 4 aulas |
| Borracha | 1 aula |
| Série heterocíclica. Anil. Clorofila. Piridinas | 6 aulas |
| Total | 40 aulas |

## 3.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Estudo dos processos unitários | 10 aulas |
| Panorama mundial e nacional da indústria orgânica | 3 aulas |
| Matérias primas da indústria orgânica | 3 aulas |
| Destilação do alcatrão da hulha | 2 aulas |
| Dissolventes e plastificantes | 2 aulas |
| Còrantes | 3 aulas |
| Produtos Farmacêuticos | 3 aulas |
| Madeira: Coquefação, gaseificação e obtenção de celulose. Papel | 5 aulas |
| Açúcar. Amido | 3 aulas |
| Protidos | 4 aulas |
| Fermentações | 2 aulas |
| Total | 40 aulas |

## 4.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Resinas | 4 aulas |
| Alcaloides | 2 aulas |
| Coiro | 3 aulas |
| Óleos, gorduras e ceras | 4 aulas |
| Velas, sabões e detergentes | 4 aulas |
| Perfumes | 3 aulas |
| Borracha. Plásticos | 4 aulas |
| Têxteis artificiais | 3 aulas |
| Tratamento das fibras têxteis naturais | 3 aulas |
| Explosivos. Agressivos químicos | 4 aulas |
| Asfalto | 2 aulas |
| Possibilidades futuras da indústria orgânica em Portugal | 4 aulas |
| Total | 40 aulas |

# 3) *Química Analítica*

## 1.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Métodos gravimétricos e volumétricos. Neutrimetria. Teoria dos indicadores còrados | 7 aulas |
| Marcha Geral da Análise. Separação dos metais de uma liga | 15 aulas |
| Reacções dos catiões | 18 aulas |
| Total | 40 aulas |

## 2.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Continuação das reacções dos catiões . . . . . | 12 aulas |
| Princípios gerais da análise quantitativa dos catiões . . . . . | 5 aulas |
| Análise quantitativa dos catiões. Micro-análise quantitativa. Semi-micro-análise . . . . . | 8 aulas |
| Análise qualitativa e quantitativa dos aniões . . . . . | 15 aulas |
| Total . . . | 40 aulas |

## 3.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Análises de gases, em especial, CO, $CO^2$, $H^2$, $O^2$ e $N^2$. Analisadores automáticos. Registadores . . . . . | 10 aulas |
| Análises de minérios. Análise de matérias primas, em especial das indústrias de ácido sulfúrico, adubos, vidro, cimento e produtos cerâmicos . . . . . | 10 aulas |
| Análise de produtos industriais inorgânicos, em especial, água, ácidos sulfúrico, cloridrico, azótico e fosfórico, superfosfato, nitrato de sódio, sulfato de amónio, cianamida cálcica, vidro, cimento, produtos cerâmicos, refractários. Determinações usuais e oficiais . . . . . | 20 aulas |
| Total . . . | 40 aulas |

# 4) *Metalurgia*

## 1.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Metalurgia do ferro e aço. Matérias primas. Alto-forno . . . . . | 8 aulas |
| Fabricação de aço. Bessemer. Martin-Siemens. Forno eléctrico . . . . | 14 aulas |
| Aços especiais (relacionando com Tecnologia Química) . . . . . | 5 aulas |
| O problema do aproveitamento das pirites ustuladas . . . . . | 5 aulas |
| Estudo económico da Metalurgia do ferro e do aço. Panorama mundial e nacional . . . . . | 8 aulas |
| Total . . . | 40 aulas |

## 2.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Metalurgia do cobre. Matérias primas. Ustulação de mates (relacionando com a indústria de ácido sulfúrico, tratado em Tecnologia Aplicada). Fornos de reverbero e de «water-jacket». Fornos de refinação. Panorama mundial e nacional . . . . . | 10 aulas |
| Metalurgia do chumbo. Matérias primas. Fornos. Refinação. Aproveitamento das lamas das câmaras das fábricas de ácido sulfúrico. Panorama mundial e nacional . . . . . | 10 aulas |
| Metalurgia do estanho. Matérias primas. Fornos. Panorama mundial e nacional . . . . . | 5 aulas |
| Metalurgia do volfrâmio. Matérias primas. Fornos. Panorama mundial e nacional . . . . . | 5 aulas |
| Estudo geral da Metalurgia de zinco, alumínio, níquel, mercúrio, antimónio, arsénio, bismuto, cádmio, cobalto, magnésio, berílio, platina, crómio, manganésio, vanádio, molibdénio, zircónio . . . . . | 10 aulas |
| Total . . . | 40 aulas |

### 3.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Electrometalurgia do cobre, prata e ouro. Aproveitamento do ouro e prata dos minérios de cobre | 15 aulas |
| Hidrometalurgia do cobre. Aproveitamento do cobre das pirites ustuladas | 5 aulas |
| Ligas metálicas. Aplicações. Estudo económico | 13 aulas |
| Posição actual da Metalurgia em Portugal. Possibilidades futuras | 7 aulas |
| Total | 40 aulas |

## 5) *Electroquimica Aplicada*

| | |
|---|---|
| Revestimentos metálicos | 10 aulas |
| Obtenção do hidrogéneo, destinado à indústria do amoníaco | 12 aulas |
| Fornos eléctricos | 18 aulas |
| Total | 40 aulas |

## 6) *Tecnologia Aplicada*

### 1.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Ácido sulfúrico (câmaras) | 10 aulas |
| Ácido sulfúrico (contacto) | 8 aulas |
| Fixação do azoto atmosférico. Amoníaco | 12 aulas |
| Adubos | 10 aulas |
| Total | 40 aulas |

### 2.ª PARTE

| | |
|---|---|
| Vidro | 10 aulas |
| Cerâmica (incluindo refractários) | 10 aulas |
| Cimento | 8 aulas |
| Cloro e álcalis | 6 aulas |
| Sais naturais | 6 aulas |
| Total | 40 aulas |

## 7) *Contrôle das Reacções Quimicas*

| | |
|---|---|
| Generalidades sobre controle. Registadores | 5 aulas |
| Medição de pressões | 2 aulas |
| Medição de caudais | 2 aulas |
| Determinação de níveis de líquidos | 1 aula |
| Medição de temperaturas. Termómetros. Pirómetros | 5 aulas |
| Determinação de composições de líquidos, por medição de densidades, viscosidades, calor específico, condutividade eléctrica e pH | 5 aulas |
| Determinação de composições de gases, por medição de densidades, humidade, calor específico, condutividade térmica e índice de refracção. Análise automática (relacionando com Química Analítica, 3.ª parte) | 5 aulas |

| | |
|---|---|
| Aparelhos reguladores . . . . . | 5 aulas |
| Controle a exercer em fornos, gasogéneos, nas diferentes operações unitárias e em algumas indústrias . . . . . | 10 aulas |
| Total . . . | 40 aulas |

### d) *Assuntos auxiliares*

Estes assuntos não deverão ocupar mais de um semestre cada um e os seus programas poderão ser os que a seguir se indicam.

#### 1) *Mineralogia e Geologia*

| | |
|---|---|
| Sistemas cristalinos . . . . . | 10 aulas |
| Propriedades dos minerais . . . . . | 1 aula |
| Descrição resumida de alguns minerais, insistindo nas propriedades de interesse imediato . . . . . | 15 aulas |
| Noções de geologia . . . . . | 9 aulas |
| Estudo económico dos minérios nacionais . . . . . | 5 aulas |
| Total . . . | 40 aulas |

#### 2) *Projectos industriais*

| | |
|---|---|
| Regras de estabelecimento dos projectos: Estudo teórico. Estabelecimento do diagrama de fabrico (flowsheet) e das operações e processos unitários. Projecto da aparelhagem. Escolha dos materiais de construção . . . . . | 3 aulas |
| Desenhos definitivos. Especificações. Requisições . . . . . | 3 aulas |
| Disposição da fábrica: Colocação de tanques, inclinação de tubos, agrupamento dos instrumentos de contrôle, facilidades de transporte, condições de segurança, esgotos . . . . . | 4 aulas |
| Estudo das condições locais: Clima, vias de acesso, existência de água, possibilidade de aumento de capacidade. Localização em relação aos centros de produção de matérias primas e de consumo . . . . . | 3 aulas |
| Orçamentos de edifícios e de aparelhagem . . . . . | 15 aulas |
| Planificação da execução dos trabalhos. Gráficos Gantt . . . . . | 12 aulas |
| Total . . . | 40 aulas |

## CAPITULO II

## ESTABELECIMENTO DOS HORÁRIOS

### a) *Distribuição dos diferentes semestres*

A fim de ser possível coordenar os diferentes programas indicados, a distribuição das diversas cadeiras pode ser a que a seguir se indica.

#### 4.º Ano

*1.º Semestre*

Mecânica Química, 2.ª parte
Mecânica Atómica

Tecnologia Química, 1.ª parte
Química Analítica, 1.ª parte

*2.º Semestre*

Mecânica Química, 3.ª parte
Tecnologia Química, 2.ª parte
Química Analítica, 2.ª parte
Máquinas, 2.ª parte

5.º Ano

*1.º Semestre*

Química Analítica, 3.ª parte
Tecnologia Aplicada, 1.ª parte
Electroquímica Aplicada
Química Orgânica, 1.ª parte

*2.º Semestre*

Métodos Físicos de Análise
Tecnologia Aplicada, 2.ª parte
Química Orgânica, 2.ª parte
Metalurgia, 1.ª parte
Mineralogia e Geologia

6.º Ano

*1.º Semestre*

Química Orgânica, 3.ª parte
Metalurgia, 2.ª parte
Contrôle das Reacções Químicas
Projectos industriais

*2.º Semestre*

Química Orgânica, 4.ª parte
Metalurgia, 3.ª parte
Química Inorgânica

## b) *Tipos de aulas práticas*

### 1) *Cadeiras de Cálculos*

Terão prática de problemas, como já se viu. As cadeiras deste tipo são:

Física, 4.ª parte (15 primeiras aulas)
Mecânica Química, 1.ª, 2.ª e 3.ª partes
Tecnologia Química (com um número de horas práticas superior ao usual)
Projectos industriais

### 2) *Cadeiras descritivas*

As aulas práticas são laboratoriais, excepto a Tecnologia Aplicada em que serão de visitas. As cadeiras deste tipo são as seguintes:

Física, 4.ª parte (25 últimas aulas)
Métodos Físicos de Análise
Química Inorgânica
Química Orgânica, 1.ª, 2.ª, 3.ª e 4.ª partes
Química Analítica, 1.ª 2.ª e 3.ª partes
Contrôle das Reacções Químicas
Mineralogia e Geologia

### 3) *Cadeiras Especiais*

I) *Mecânica Atómica*

Atendendo à dificuldade da cadeira, as aulas práticas serão especialmente aulas de estudo, acompanhadas de trabalhos com o material existente no laboratório. Não exigem mais de quatro horas semanais.

II) *Metalurgia e Electroquímica Aplicada*

As aulas práticas constarão de problemas, de trabalhos de laboratório, ou de visitas, conforme for aconselhado pela sequência do curso.

III) *Tecnologia Aplicada*

As aulas práticas constarão exclusivamente de visitas. Mas, como estas precisam de ser preparadas, as aulas práticas deverão contar, por semana, com 4 horas para a visita e 1 hora para o estudo da instalação a visitar. Sendo assim, como o assistente deve ser o mesmo da Tecnologia Química, o número de horas práticas desta última cadeira deve ser de 7, a fim de satisfazer às condições legais de cada assistente ter um horário de 12 horas semanais [1].

## c) *Fixação dos horários dos três últimos anos*

Esta fixação obedece às normas já fixadas; no entanto, no último ano ampliam-se as horas de trabalhos práticos.

---

[1] Em rigor a Tecnologia Química deverá ter na parte prática um número de horas superior (8 ou 9). Mas, como há toda a vantagem em fazer o estudo dentro das disposições legais existentes, reduz-se este número a 7.

## *1.º Semestre*

| Dias / Horas | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta | Sábado |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8-9 | Prática de Tec. Quí. 1.ª | Prática de Mec. Quí. 2.ª | Prática de Mec. Atom. | Prática de Mec. Quí. 2.ª | Prática de Mec. Atom. | Prática de Mec. Quí. 2.ª |
| 9-10 | | | | | | |
| 10-11 | Quí. Anal. 1.ª | Tec. Quí. 1.ª | Quí. Anal. 1.ª | Tec. Quí. 1.ª | Quí. Anal. 1.ª | Tec. Quí. 1.ª |
| 11-12 | Mec. Quí. 2.ª | Mec. Atom. | Mec. Quí. 2.ª | Mec. Atom. | Mec. Quí. 2.ª | Mec. Atom. |
| 14-15 | Prática de Quí. Anal. 1.ª | | Prática de Tec. Quí. 1.ª | Prática de Tec. Quí. 1.ª | Prática de Quí. Anal. 1.ª | |
| 15-16 | | | | | | |
| 16-17 | | | | | | |
| 17-18 | Ginástica | | Ginástica | | Ginástica | |

Aulas teóricas 12 horas
Aulas práticas 23 horas
Total 35 horas

## *2.º Semestre*

| Dias / Horas | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta | Sábado |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8-9 | Prática de Tec. Quí. 2.ª | Prática de Mec. Quí. 3.ª | Prática de Máquinas 2.ª | Prática de Mec. Quí. 3.ª | Prática de Máquinas 2.ª | Prática de Mec. Quí. 3.ª |
| 9-10 | | | | | | |
| 10-11 | Quí. Anal. 2.ª | Tec. Quí. 2.ª | Quí. Anal. 2.ª | Tec. Quí. 2.ª | Quí. Anal. 2.ª | Tec. Quí. 2.ª |
| 11-12 | Mec. Quí. 3.ª | Máquinas 2.ª | Mec. Quí. 3.ª | Máquinas 2.ª | Mec. Quí. 3.ª | Máquinas 2.ª |
| 14-15 | Prática de Quí. Anal. 2.ª | | Prática de Tec. Quí. 2.ª | Prática de Tec. Quí. 2.ª | Prática de Quí. Anal. 2.ª | |
| 15-16 | | | | | | |
| 16-17 | | | | | | |
| 17-18 | Ginástica | | Ginástica | | Ginástica | |

Aulas teóricas 12 horas
Aulas práticas 23 horas
Total 35 horas

## 5.º Ano

### *1.º Semestre*

| Dias / Horas | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta | Sábado |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8–9 | Prática de Quí. Org. 1.ª | Ginástica | Prática de Quí. Org. 1.ª | Ginástica | Prática de Elect. Apl. | Ginástica |
| 9–10 | | Quí. Org. 1.ª | | Quí. Org. 1.ª | | Quí. Org. 1.ª |
| 10–11 | | Elect. Apl. | | Elect. Apl. | | Elect. Apl. |
| 11–12 | Quí. Anal. 3.ª | Tec. Apl. 1.ª | Quí. Anal. 3.ª | Tec. Apl. 1.ª | Quí. Anal. 3.ª | Tec. Apl. 1.ª |
| 14–15 | Prática de Elect. Apl. | Prática de Quí. Anal. 3.ª | | Prática de Quí. Anal. 3.ª | Prática de Tec. Apl. 1.ª | |
| 15–16 | | | | | | |
| 16–17 | | | | | | |
| 17–18 | | | | Prática de Tec. Apl. 1.ª | | |

| | |
|---|---|
| Aulas teóricas | 12 horas |
| Aulas práticas | 23 horas |
| Total | 35 horas |

### *2.º Semestre*

| Dias / Horas | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta | Sábado |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8–9 | Prática de Min Geol. | Ginástica | Prática de Min. Geol. | Ginástica | Prática de Met. Fís. An. | Ginástica |
| 9–10 | | Quí. Org. 2.ª | | Quí. Org. 2.ª | | Quí. Org. 2.ª |
| 10–11 | Min. Geol. | Metalur. 1.ª | Min. Geol. | Metalur. 1.ª | Min. Geol. | Metalur. 1.ª |
| 11–12 | Met. Fís. An. | Tec. Apl. 2.ª | Met. Fís. An. | Tec. Apl. 2.ª | Met. Fís. An. | Tec. Apl. 2.ª |
| 14–15 | Prática de Quí. Org. 2.ª | Prática de Met. Fís. An. | Prática de Metalur. 1.ª | Prática de Quí. Org. 2.ª | Prática de Tec. Apl. 2.ª | |
| 15–16 | | | | | | |
| 16–17 | | | | | | |
| 17–18 | | | | Prática de Tec. Quí. 2.ª | | |

| | |
|---|---|
| Aulas teóricas | 15 horas |
| Aulas práticas | 22 horas |
| Total | 37 horas |

## 6.º Ano

### *1.º Semestre*

| Horas \ Dias | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta | Sábado |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8-9 | Prática de Cont. Reac. Quím. | Ginástica | Prática de Cont. Reac. Quím. | Ginástica | Prática de Proj. Ind. | Ginástica |
| 9-10 | | Cont. Reac. Quím. | | Cont. Reac. Quím. | | Cont. Reac. Quím. |
| 10-11 | | Quí. Org. 3.ª | | Quí. Org. 3.ª | | Quí. Org. 3.ª |
| 11-12 | Proj. Ind. | Metalurg. 2.ª | Proj. Ind. | Metalurg. 2.ª | Proj. Ind. | Metalurg. 2.ª |
| 14-15 | Prática de Quí. Org. 3.ª | Prática de Proj. Ind. | | Prática de Metalurg. 2.ª | Prática de Quí. Org. 3.ª | |
| 15-16 | | | | | | |
| 16-17 | | | | | | |
| 17-18 | | | | | | |

Aulas teóricas 12 horas
Aulas práticas 21 horas
Total 33 horas

### *2.º Semestre*

| Horas \ Dias | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta | Sábado |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8-9 | Prática de Quím. Inorg. | Ginástica | Prática de Quím. Inorg. | Ginástica | Prática de Proj. Ind. | Ginástica |
| 9-10 | | Quím. Inorg. | | Quím. Inorg. | | Quím. Inorg. |
| 10-11 | | Quí. Org. 4.ª | | Quí. Org. 4.ª | | Quí. Org. 4.ª |
| 11-12 | | Metalurg. 3.ª | | Metalurg. 3.ª | | Metalurg. 3.ª |
| 14-15 | Prática de Quí. Org. 4.ª | Prática de Proj. Ind. | | Prática de Metalurg. 3.ª | Prática de Quí. Org. 4.ª | |
| 15-16 | | | | | | |
| 16-17 | | | | | | |
| 17-18 | | | | | | |

Aulas teóricas 9 horas
Aulas práticas 24 horas
Total 33 horas

## d) *Síntese do estudo feito*

Seguindo o mesmo caminho do artigo anterior, convém comparar os resultados do estudo que se fez, com o actual curso de Química. Essa comparação poderá ser feita em face dos seguintes pontos:

1) A Física, 4.ª parte é uma cadeira preparatória da Tecnologia Química, e dos Métodos Físicos de Análise.

2) Os assuntos gerais, com excepção de Métodos Físicos de Análise, são completados no 4.º ano. Os Métodos Físicos de Análise são tratados no 2.º semestre do 5.º ano, porque há vantagem em fazer o seu estudo depois de terminada a Química Analítica.

3) A cadeira de Máquinas, 2.ª parte é estudada no 2.º semestre do 4.º ano, visto que, fundamentalmente, constitui um complemento da Tecnologia Química, 1.ª parte, a qual é tratada no 1.º semestre.

4) A Mecânica Química coincide nas duas primeiras partes sensìvelmente com o actual curso de Química Inorgânica substituindo a prática de laboratório por prática de problemas; a 3.ª parte é constituída por um estudo pormenorizado da Catálise e dos fundamentos da Electroquímica Aplicada, os quais são dados, actualmente na cadeira de Electroquímica.

5) A Mecânica Atómica, cujo programa, em parte, coincide com o curso actual de Química-Física, foi reduzido a um semestre, visto que esta cadeira não tem, como já se disse [1], um interesse imediato e se destina, fundamentalmente, a dar uma cultura resumida sobre a posição actual dos problemas da energia atómica. Inclui-se, por ser de interesse prático, o estudo dos fundamentos do microscópio electrónico.

6) A Tecnologia Química corresponde ao curso actual de Química Tecnológica, 1.ª parte. A sua finalidade é definida no Prefácio das folhas desta cadeira, publicadas pela Associação dos Estudantes do I. S. T. (1948-49) da qual se transcreve o seguinte:

«... Portanto, a Química Tecnológica tem de cumprir a sua missão em relação a esses imperativos (da vida profissional) missão que consiste em ensinar o que for necessário para realizar a Química em escala industrial.

Mas, na indústria, tudo se resume a saber fabricar e a saber projectar e, por consequência, a função da Química Tecnológica fica imediatamente definida. Com efeito, é condição necessária para dominar o funcionamento de uma fábrica ou para fazer o projecto de uma instalação, que se conheça, com detalhe, a aparelhagem que deve ser usada e simultâneamente, os processos a utilizar para a realização prática das condições impostas pela Mecânica Química; por isso, para satisfazer a essa condição, é necessário fazer incidir a orientação do curso sobre operações unitárias, combustíveis, utilização do calor, materiais de construção da indústria química e contrôle industrial.

Não se pode esquecer, porém, que qualquer destes assuntos exige um grau de desenvolvimento abaixo do qual a sua utilidade é pràticamente nula; por isso, não é possível tratá-los, todos, durante dois anos, devido à sua grande extensão. Acontece ainda que, devido à complexidade relativamente grande dos problemas de carácter industrial, se torna absolutamente necessário fazer, durante um ano, o estudo pormenorizado de algumas indústrias, a fim de completar, num aspecto de conjunto, o estudo isolado de cada um desses assuntos fundamentais. Deste modo, fica reduzido a um ano, o tempo disponível para o ensino das bases da Química Industrial o qual, por ser insuficiente, exige uma subdivisão dos assuntos a tratar, quer criando cadeiras novas, quer encorporando-os noutras cadeiras já existentes.

---

[1] «A Estruturação Teórica do Curso de Engenharia Química».

## ENGRENAGENS «CITROEN»

**31 Quai de Grenele — Paris XV^e**

REDUCTORES E MULTIPLICADORES DE VELOCIDADE, para:

— Máquinas hidráulicas, de vapor
— Motores de explosão
— Compressores, Ventoinhas
— Indústria metalúrgica
— Indústria do cimento
— Indústria química
— Fábricas de papel
— Fábricas de fiação e de tecidos
— Indústria da alimentação
— Indústria da borracha
— Tinturarias

ENGRENAGENS CILÍNDRICAS E CÓNICAS

— de dentes direitos, helicoidais e «à chevrons»

APARELHO DE VERIFICAÇÃO DO PASSO DAS ENGRENAGENS

LIGAÇÕES ELÁSTICAS CITROEN (patente Wellman-Bibby)

— para todas as transmissões de movimento
— 500.000 referências no mundo inteiro com a aplicação destas ligações a mais de 80 milhões de cavalos

## BOMBAS CENTRÍFUGAS «BERGERON»

**155 Boulevard Haussman — Paris**

BOMBAS CENTRÍFUGAS

— Estações elevatórias — Docas — Indústrias diversas
— Alimentação das cidades em água potável
— Evacuação das águas de esgotos

## FILTRAGEM E ESTERILIZAÇÃO DAS ÁGUAS

**C. Chabal & C^ie. — 34 Rue Ampère — Paris 17^e**

— Distribuição de água potável
— Estudos de redes de esgotos e depuração das suas águas

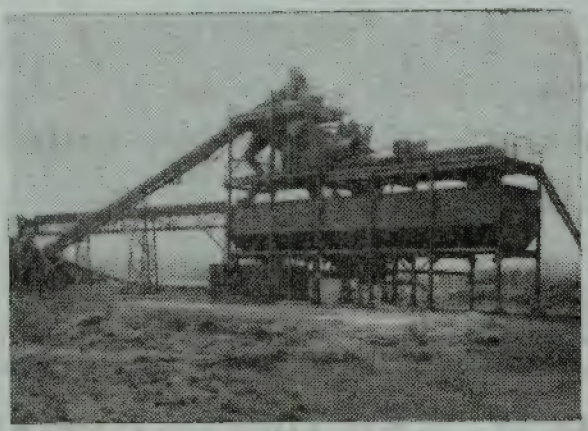
AVENIDA DUQUE DE LOULÉ, 95, 4.°

TELEFONE 46889

# FREDERICK PARKER, LTD.

## LEICESTER GRÃ-BRETANHA

Fornecedores das instalações de lavagem e seleccionamento de cascalho para as obras da Barragem do Castelo do Bode (Hidro Eléctrica do Zêzere), instalações de britagem, seleccionamento, ensilagem e betonagem para a Barragem Covão do Meio (Hidro Eléctrica da Serra da Estrela), instalações de britagem e seleccionamento da Barragem das Mabubas, em Angola, e de diversas máquinas à Junta Autónoma das Estradas, Direcção Geral da Aeronáutica Civil, Câmaras Municipais de Lisboa e Beja, Direcção Hidráulica do Mondego, e a numerosos construtores civis e empreiteiros de Obras — Públicas —



REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

# F. NÓBREGA DE LIMA, L.DA

SEDE
Avenida 24 de Julho, 1, 2.º D.
LISBOA
Tel. 2 2192-2 2193
3 2419

SALÃO DE EXPOSIÇÕES
Largo de Santos, 5
LISBOA

DELEGAÇÃO
Rua Sá da Bandeira, 562, 3.º
PORTO
Tel. 2 2553

Atendendo a que, actualmente, os combustíveis fazem parte do programa de Química Geral e Aplicada e que o Contrôle Industrial tem um carácter um pouco diferente dos restantes assuntos, a distribuição mais racional consiste em reunir, no primeiro ano de Química Tecnológica, as operações unitárias, a utilização do calor e os materiais de construção da indústria química e constituir, com o Contrôle Industrial uma cadeira independente, ficando, desta maneira, o problema completamente resolvido.

No que se refere, pròpriamente à orientação do ensino dos diferentes assuntos que constituem o programa, tem de se admitir como obrigatória a existência dos seguintes postulados:

1.º) O ensino deve ter um rendimento máximo.
2.º) O seu nível não pode ser inferior ao do curso geral.
3.º) A sua índole deve ser essencialmente quantitativa.

A satisfação simultânea destes três postulados impõe, imediatamente, por um lado, a necessidade de utilizar, integralmente, as bases teóricas do curso geral e, por outro lado, a preocupação constante de precisar os problemas da prática, estudando-os sob o ponto de vista numérico, de modo a conseguir, simultâneamente, um elevado rigor teórico e um máximo de utilidade prática. Como consequência destas imposições, é evidente que, em linhas gerais, a Química Tecnológica tem de ser constituída, na primeira parte, por Matemática e Física Aplicada e, na segunda, pelo estudo de algumas indústrias, baseado na Mecânica Química e nos conhecimentos já adquiridos de Química Industrial».

7) A Química Analítica condensa, nas duas primeiras partes o actual programa do 3.º e 4.º anos de Química Analítica; a terceira parte é destinada à Análise de Gases (inexistente no curso actual) e à Análise de Minérios e de Produtos Industriais Diversos (actualmente, estas análises são estudadas da cadeira de Análises Industriais, a qual não tem parte teórica) [1].

8) A Tecnologia Aplicada destina-se, como já se disse anteriormente, a completar, num aspecto de conjunto, o estudo da Tecnologia Química, e corresponde ao curso actual de Química Tecnológica, 2.ª parte. A sua orientação é definida no prefácio das folhas desta cadeira, publicadas pela Associação dos Estudantes do I. S. T. (1948-49) e do qual se transcreve o seguinte:

«Estabelecida, assim, em linhas gerais, a finalidade da segunda parte da cadeira, resta fixar quais as indústrias que devem ser estudadas e definir, de uma maneira precisa, qual a orientação que deve ser dada ao seu estudo.

A escolha das indústrias a estudar deve ser feita de acordo com a sua importância, dentro da organização industrial do país e, por isso, o programa será constituído pelo estudo das indústrias seguintes: ácido sulfúrico, amoníaco, adubos, vidro, cerâmica, cimento, cloro e bases e sais naturais.

No que se refere, pròpriamente, à orientação, depreende-se, do que atrás foi dito, que o objectivo fundamental a atingir consiste em considerar as diferentes indústrias como exemplos de aplicação das bases gerais da Química Industrial, fazendo realçar, deste modo, o valor dos «denominadores comuns», como pedras basilares da formação técnica dos engenheiros químico-industriais.

Mas este objectivo é completamente diferente daquele que, em geral, se pretende atingir quando se trabalha numa dada indústria, porque, neste caso, o que interessa, principalmente, é ter um conhecimento tão completo e detalhado quanto possível, do grau de

---

[1] As análises de refractários fizeram parte da prática de Química Tecnológica, mas, actualmente, já não fazem por não se enquadrarem na orientação que se definiu.

desenvolvimento dessa indústria, de modo a ser possível fazer funcionar as fábricas, nas melhores condições de rendimento e de preço.

Esta diferença essencial de objectivos conduz à conclusão lógica de que os livros de carácter pedagógico e de carácter prático terão de ser necessàriamente de índoles muito diferentes; e, como, em geral, os especialistas das várias indústrias só têm interesse em publicar livros da segunda categoria, a organização do curso de Química Tecnológica exige, como condição prévia, uma transformação mais ou menos profunda desses livros, de modo a ser possível adaptá-los a uma orientação de tipo diverso.

Esta transformação não apresenta, formalmente, grandes dificuldades, porque se baseia em conhecimentos gerais; mas, como grande parte da aparelhagem da maioria das indústrias foi, de início, estudada empìricamente, há muitos diagramas e constantes que não há possibilidade de encontrar e, por isso, há inúmeros cálculos que terão de ser deixados incompletos.

Deve notar-se, no entanto, que, por vezes, é possível utilizar dados aproximados, ainda que com pouco rigor; mas, como a finalidade a atingir é, principalmente, ensinar a calcular e a projectar, a utilização desses dados não tem o menor inconveniente porque é sempre possível rectificar os valores achados, se estes não estiverem de acordo com a prática usual.

Isto não significa, no entanto, que não haja vantagem, em certos casos, em utilizar valores empíricos para completar a exposição dos assuntos que se estudam; mas, atendendo ao objectivo da cadeira, esses valores só interessam, de facto, como complementos destinados a evitar lacunas na sequência do estudo de cada uma das indústrias que constituem o programa».

Da análise conjunta da orientação da Tecnologia Química e da Tecnologia Aplicada, conclui-se a necessidade de orientar as aulas práticas respectivas como aulas de problemas e de visitas, pelo que o actual laboratório de Química Tecnológica (aliás, pràticamente, sem material nenhum) deixa de ter interesse e deverá ser destinado à prática dos Métodos Físicos de Análise e de Contrôle das Reacções Químicas.

9) A cadeira de Electroquímica Aplicada corresponde à parte de aplicação da actual cadeira de Electroquímica, mas pode ser mais desenvolvida porque a parte preparatória foi transferida para a Mecânica Química.

10) A Química Orgânica condensa nas duas primeiras partes o aspecto descritivo das diferentes funções e reserva as últimas para o estudo dos processos unitários e do panorama geral das diferentes indústrias orgânicas. As aulas práticas devem ser de preparação e de análise, englobando a actual cadeira de Análises Bromatológicas.

11) Os Métodos Físicos de Análise constituem uma cadeira nova cuja prática se destina a utilizar a aparelhagem descrita em teoria.

12) A Metalurgia não pode ser comparada, por estar a ser ensaiado um novo curso, no corrente ano lectivo. No entanto, a parte prática é constituída só por três horas, visto não haver interesse em trabalhos práticos contínuos.

13) A Mineralogia e Geologia corresponde aproximadamente ao programa actual, acrescido de Geologia e do estudo económico dos minérios nacionais.

14) O Contrôle das Reacções Químicas é uma cadeira nova cuja prática deve ser constituída por estudo e aplicação de aparelhagem de contrôle, montagem de instalações-piloto, e experiências de índole prática tais como:

Determinação de perdas de carga em tubos e torres de enchimento.
Verificação do funcionamento de britadores.
Contrôle da filtração em filtros-prensa, de placas e de vácuo.
Contrôle de evaporadores e secadores.

Contrôle de colunas de destilação.
Contrôle de torres de absorpção de gases.
Determinação de coeficientes de transmissão de calor.
Determinação de perdas de calor.
Verificação de isolamentos.

15) A cadeira de Projectos Industriais é nova e a prática (que se prolonga por dois semestres) destina-se a elaborar projectos de acordo com as normas estabelecidas em teoria.

16) A Química Inorgânica é nova na parte teórica, e, na parte prática corresponde ao actual curso de Química Inorgânica (2.º ano), acrescido de preparações em escala superior à laboratorial, acompanhadas do estudo económico dos processos utilizados.

17) As aulas práticas de laboratório têm, em geral, a duração de três horas, por se entender que, quando a duração é de quatro horas, o trabalho na última é de baixo rendimento. Exceptua-se a Química Inorgânica e os Projectos Industriais no 2.º semestre do 6.º ano, porque, dada a natureza dos trabalhos a executar, há vantagem em realizá-los em condições análogas às que se verificam usualmente nas fábricas.

18) As aulas práticas que podem dar origem a visitas ocupam tardes completas.

19) Em todas as cadeiras de aplicação se faz o estudo económico das indústrias respectivas, o que obriga a transferir para o 2.º ano a Economia Industrial e a Administração.

20) As cadeiras de aplicação estão localizadas na parte final do curso, porque constituem a ponte de passagem para a vida industrial.

### e) *Dificuldades de ordem prática*

Contràriamente ao que se verificou na Organização do Curso Geral, a Organização do Curso de Química apresenta maiores dificuldades quer didácticas, quer de organização, quer de aparelhagem.

#### 1) *Dificuldades didácticas*

Exige a criação de 4 cadeiras novas: Métodos Físicos de Análise, Contrôle das Reacções Químicas, Projectos Industriais e Química Inorgânica, além das alterações a introduzir nas restantes cadeiras.

#### 2) *Dificuldades de Organização*

Exige a elaboração cuidada dos programas das aulas práticas das cadeiras novas e a actualização daquelas que já existem.

#### 3) *Dificuldades de aparelhagem*

Exige o apetrechamento dos laboratórios de Química Analítica em aparelhagem automática, de Electroquímica Aplicada, de Química Orgânica em material de análise e de preparação, de Métodos Físicos de Análise, de Metalurgia (em ligação com o laboratório de Resistência de Materiais), de Contrôle das Reacções Químicas e de Química Inorgânica em aparelhagem para preparação em escala superior à laboratorial.

## CAPITULO IV

## POSSIBILIDADES DE REALIZAÇÃO

As possibilidades de realização devem ser encaradas sob dois aspectos: De organização geral dos cursos e de organização do curso de Química.

### a) *Organização geral dos cursos*

Passando em revista as alterações referidas no artigo anterior, nenhuma se apresenta como sendo impraticável. Com efeito:

#### 1) *Dois semestres distintos em cada ano*

Basta que as aulas comecem em 1 de Outubro e terminem em 31 de Julho, como se indicou no artigo sobre «A Orgânica das Aulas Práticas do Instituto Superior Técnico».

#### 2) *Preparatórios nos dois primeiros anos*

Não apresenta dificuldades porque não sobrecarrega o trabalho dos professores de Matemática e Física, em relação aos programas actuais.

#### 3) *Assuntos básicos no terceiro ano*

É meramente um problema de distribuição das cadeiras

#### 4) *Especialidade pràticamente só a partir do quarto ano*

É uma consequência dos pontos 2) e 3).

#### 5) *Aulas práticas com função de aulas de estudo*

É um problema de resolução simples, desde que haja colaboração da Direcção, dos professores e dos assistentes.

#### 6) *Coordenação perfeita entre a teoria e a prática*

É um problema que exige sòmente uma planificação dos trabalhos entre os professores e assistentes.

#### 7) *Aulas práticas de problemas dadas de manhã*

É um simples problema de horários.

### b) *Organização do curso de Quimica*

Consideremos as dificuldades indicadas anteriormente.

## 1) *Dificuldades didácticas*

Analisemos o curso actual no que se refere aos professores que regem as diferentes cadeiras e estudemos quais seriam as suas funções dentro da organização apresentada. Obter-se-ia a seguinte distribuição:

Matemática, 1.ª e 2.ª — Eng. José Arandes (assistente com regência provisória)
Matemática, 3.ª, 4.ª e 5.ª — Prof. Dr. Mira Fernandes
Geometria Descritiva — Eng. Ruben Garcia (assistente com regência provisória)
Química Geral, 1.ª e 2.ª — Prof. Eng. Magalhães Ilharco
Desenho, 1.ª, 2.ª e 3.ª — Eng. Cássio Silva (Chefe de Trabalhos)
Oficinas, 1.ª e 2.ª — Prof. Eng. Mendes Leal
Física, 1.ª, 2.ª e 3.ª — Prof. Eng. António da Silveira
Administração e Organização Industrial. Contabilidade — Prof. Dr. Beirão da Veiga (requisitado)
Economia Industrial — Prof. Dr. Pinto Barbosa [1] (requisitado)
Resistência de Materiais, 1.ª e 2.ª — Prof. Eng. Alvaro de Melo
Máquinas Eléctricas — Prof. Eng. António Carrisso
Manipulações de Física 1.ª e 2.ª — Não organizada
Máquinas, 1.ª e 2.ª — Eng. Gouveia Portela (assistente com regência provisória)
Mecânica Química, 1.ª, 2.ª e 3.ª — Prof. Eng. Magalhães Ilharco
Mecânica Atómica — Prof. Eng. António da Silveira
Tecnologia Química, 1.ª e 2.ª — Eng. Luís Alves (assistente com regência provisória)
Química Analítica, 1.ª, 2.ª e 3.ª — Prof. Eng. Herculano de Carvalho
Tecnologia Aplicada, 1.ª e 2.ª — Eng. Luís Alves (assistente com regência provisória)
Electroquímica Aplicada — Prof. Eng. Herculano de Carvalho
Química Orgânica, 1.ª, 2.ª, 3.ª e 4.ª — Eng. Chagas Roquete (assistente com regência provisória)
Métodos Físicos de Análise — Não há professor
Metalurgia, 1.ª, 2.ª e 3.ª — Prof. Eng. Agostinho Bargone (contratado)
Mineralogia e Geologia — Prof. Eng. Amílcar de Jesus
Contrôle das Reacções Químicas — Não há professor
Projectos Industriais — Não há professor
Química Inorgânica — Não há professor

Aparecem, assim, cadeiras sem professor e cadeiras regidas provisòriamente por assistentes, o que corresponde a um funcionamento anormal; para fazer uma ideia das perturbações que isso pode trazer ao funcionamento do Instituto estabelece-se o quadro seguinte, baseado no número de semestres.

| Regência | Curso geral | Curso de Química |
|---|---|---|
| Professores Catedráticos ou Chefes de Trabalho | 18 | 12 |
| Assistentes | 4 | 9 |
| Sem professor | 2 | 4 |

[1] O problema da Economia Industrial tem suscitado dúvidas sobre se a regência deve ser confiada a um engenheiro ou a um economista. Durante o ano lectivo de 1946-47, a cadeira foi regida em regime provisório, pelo engenheiro Lino Netto, mas não se tiraram conclusões.

Deste quadro pode concluir-se, que o problema do Curso Geral está pràticamente resolvido. Quanto ao Curso de Química verifica-se que o número de semestres sem professor ou regidos por assistentes é superior ao dos que são regidos por professores catedráticos; e, se atendermos a que nestes últimos, três correspondem à Metalurgia que é ensinada por um professor italiano que iniciou o curso no corrente ano lectivo e que, portanto, não conhece os problemas do Instituto, e que outro (Mineralogia e Geologia) é dado por um professor que não é de Química, a diferença é ainda mais nítida. A resolução do problema põe-se de maneira diferente conforme se trate dos assistentes com regência ou das cadeiras que não têm professor.

I) *Assistentes com regência provisória* (1)

A nomeação de um assistente, para a regência provisória de uma cadeira, tem por finalidade substituir o professor dessa cadeira quando ele abandonar a regência por qualquer motivo e enquanto, para ela, não for nomeado outro professor. No entanto, a questão pode tomar dois aspectos diferentes, conforme o assistente tiver ou não condições para ser eventualmente o futuro professor.

### 1) *Assistente sem condições para professor*

Neste caso, a regência provisória limita-se, lògicamente, à repetição do curso do professor anterior, não sendo de justificar que se efectue qualquer alteração.

### 2) *Assistente com condições para professor*

Neste caso, a regência provisória pode e deve comportar todas as alterações que viessem a ser feitas se esse assistente chegasse, um dia, a ser o professor da cadeira.

No primeiro caso, a regência deve ser curta (preferìvelmente não superior a 6 meses) e no segundo deverá ter uma duração maior mas só a suficiente para a elaboração do programa do novo curso (em geral, 2 a 3 anos).

Nestas condições, e atendendo à tendência do Conselho Escolar de procurar indivíduos de larga prática industrial (2), não é durante o tempo de regência que essa prática se adquire e, portanto, as variações nas qualidades de cada assistente são relativamente pequenas em relação às da data da nomeação (3). Por esta razão, quando um assistente é encarregado de uma regência, conhecem-se, em geral, as condições em que ela vai ser feita, de modo que tem possibilidade de ficar a saber se será ou não um dos candidatos ao lugar de professor da cadeira que lhe vai ser confiada e, assim, poder orientar o curso que vai fazer: no primeiro caso, com o objectivo de se apresentar a concurso, *do qual não poderá ser, evidentemente, excluído* e, no segundo, com a simples finalidade de ensinar uma dada cadeira enquanto ela não tiver professor.

Seja como for, porém, as regências provisórias, têm um carácter transitório e têm de ser substituídas, o mais depressa possível pelas regências definitivas a fim de ser possível estudar as reformas dos programas e completar a constituição do Conselho Escolar.

---

(1) Este artigo já estava na tipografia quando saiu o Decreto do Ministério da Educação Nacional, sobre o preenchimento dos lugares de profesores catedráticos.

(2) No artigo «O Problema Pedagógico do Instituto Superior Técnico», publicado no n.º 179 da «Técnica», enunciam-se as reservas a pôr a esta tendência.

(3) A não ser que a nomeação se faça quando o assistente ainda tem pouca prática industrial, o que parece não ser aconselhável; mas, se for necessário recorrer a esta solução, pela força das circunstâncias, há que contar com o aumento de prática industrial durante a regência e não raciocinar sobre as condições iniciais.

As regências provisórias têm ainda um inconveniente grave:

Os assistentes têm de acumular as horas de regência teórica com as de serviço de assistente que têm o valor mínimo de 12 horas semanais; nestas condições, o seu trabalho é muito superior ao dos professores catedráticos, pelo que não têm tempo de fazer uma preparação tão cuidadosa das lições [1], com a agravante, de haver, em geral, assuntos novos a estudar, salvo quando se trata de uma simples repetição de um curso já estabelecido, que é o caso de menos interesse.

Pode objectar-se que nem sempre é possível encontrar um bom professor e, portanto, para resolver o problema é preciso contratar professores estrangeiros, o que também, nem sempre é fácil. A este respeito, sou de opinião de que, se não é possível arranjar um professor *bom* em valor absoluto se pode pelo menos procurar o *melhor* em valor relativo; e se não há a certeza de que esse professor corresponda a um ótimo, haverá sempre a solução de fazer a sua nomeação *interinamente* o que aliás, não é inédito [2].

Quanto ao recurso de contratar professores estrangeiros, julgo que é uma solução que só pode ter interesse em casos particulares, que têm de ser cuidadosamente estudados, porque, de outro modo, pode não trazer vantagens nenhumas, e ser inclusivamente nociva ao desenvolvimento do Instituto. Não exponho, aqui, as razões desta opinião, por não interessarem à finalidade do artigo.

No que se refere ao curso de Química (e exceptuando Máquinas, 2.ª), as únicas cadeiras que estão em causa são as de Química Orgânica, Tecnologia Química e Tecnologia Aplicada, cujas regências provisórias começaram há cerca de ano e meio. Não vou naturalmente fazer uma análise destes três casos, visto que os dois últimos me dizem respeito.

II) *Cadeiras que não existem*

Dado o desenvolvimento recente da Química Industrial, as cadeiras que foram indicadas como não existentes (Métodos Físicos de Análise, Contrôle das Reacções Químicas e Projectos Industriais) têm uma importância enorme. Por outro lado, a elas se destina, como já se disse, o actual laboratório de Química Tecnológica.

Torna-se, portanto, absolutamente necessário que se criem essas cadeiras, mas o detalhe da sua criação é um problema técnico que sai fora do âmbito deste artigo. Aliás o problema deve ser resolúvel sem o concurso de professores estrangeiros.

## 2) *Dificuldades de organização*

Para remover estas dificuldades é necessário resolver, em primeiro lugar, as dificuldades didácticas (impondo-se como condição inicial, o preenchimento do quadro de professores catedráticos e a criação das cadeiras novas) e seguidamente estabelecer um plano de conjunto em que todos os pormenores das diferentes cadeiras sejam estudados com o objectivo de dar ao curso a unidade imprescindível.

---

(1) Pode objectar-se que esta afirmação está em desacordo com o facto de eu fazer, durante o corrente ano lectivo, a publicação simultânea das folhas da 1.ª e 2.ª partes da Química Tecnológica e escrever um artigo sobre Operações Unitárias, em cada número da «Técnica». Não vale a pena discutir este ponto, mas a explicação desta contradição aparente está no facto de ser a Química Tecnológica, uma cadeira muito especial.

(2) Efectivamente, as cadeiras não regidas por professores catedráticos, têm actualmente regências correspondentes a 4 tipos: 1) Professores contratados (Metalurgia, Geologia e Construções Electro-mecânicas); 2) Professores interinos (Pontes e Aplicações da Electricidade, 2.ª parte); 3) Professores requisitados (Economia, Contabilidade e Telecomunicações); 4) Assistentes com regência provisória (as restantes cadeiras).

### 3) *Dificuldades de aparelhagem*

A aparelhagem que falta nas diferentes cadeiras é, de um modo geral, muito cara, mas não parece que fosse impossível conseguir subsídios especiais para a sua compra se a necessidade da aquisição fosse convenientemente justificada. Mas a elaboração de um relatório justificativo do material a adquirir, exige em primeiro lugar, a remoção das dificuldades didácticas e de organização, pelo que estas têm de ser consideradas em primeiro lugar.

## *Conclusão*

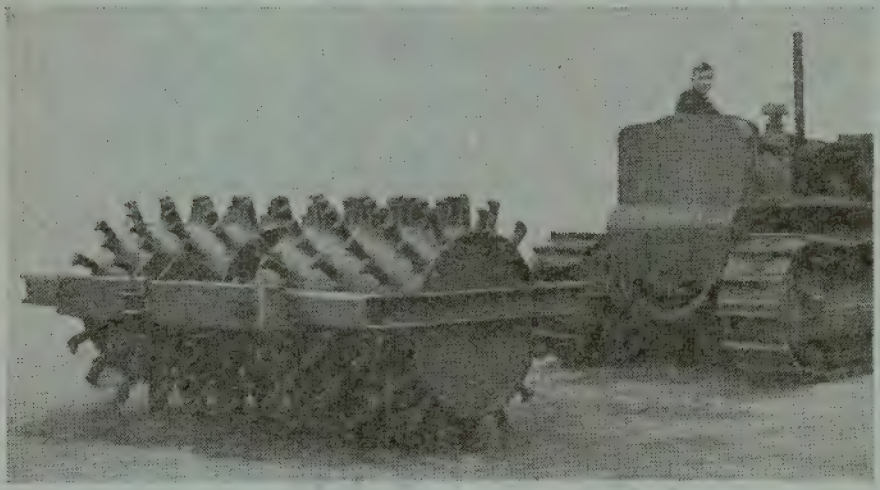
Como disse na introdução do primeiro destes artigos, é provável que qualquer deles seja bastante criticado porque é impossível dar-lhes a objectivação que seria para desejar. Essas críticas levantarão naturalmente discussões sobre alguns dos pontos tratados, até se conseguir atingir soluções que sejam, estatìsticamente, as melhores.

Não se pode esquecer, porém, que, para discutir um assunto em pormenor é necessário ter um ponto de partida com um pormenor idêntico ao que se pretende discutir. Dentro deste espírito, tentou-se apresentar um estudo que permitisse uma discussão mais profunda do que as habituais discussões da generalidade dos assuntos, que têm pouco interesse sob o ponto de vista de aplicação imediata. Resultaram desse estudo, dois artigos bastante extensos, tratados com um detalhe aparentemente exagerado, mas que, fundamentalmente, não representam senão um esboço, bastante concretizado, é certo, mas que não tem o objectivo de ser mais do que uma primeira aproximação. Muito falta, ainda, para se atingir *a solução* do problema, mas, para isso, é necessário encarar cada um dos seus aspectos sob direcções diferentes, até ser possível localizar a posição de cada um, e elaborar, sobre as soluções parciais que se obtiverem, uma estruturação completa, com fundações sólidas, na qual se poderão introduzir, com facilidade, todas as correcções que sejam aconselhadas pela experiência pedagógica ou pelos progressos da Engenharia.

# BLAW-KNOX, LTD.

LONDRES — GRÃ BRETANHA

Fornecedores das Hidro-Eléctrica do Zézere, Hidro-Eléctrica do Cávado, Hidro-Eléctrica das Mabubas (Angola), grandes empreiteiros, etc.



Escavadoras, Bulldozers, Angledozers, Cilindros pés de carneiro, Bombas para beton, Centrais de betonagem, Formas mecânicas, Scrapers, etc.

AGENTES EXCLUSIVOS

## F. NÓBREGA DE LIMA, LIMITADA

Avenida 24 de Julho, 1, 2.º
LISBOA
Tel. 22192-22193

SALÃO DE EXPOSIÇÃO
LARGO DE SANTOS, 5
LISBOA

Rua Sá da Bandeira, 562, 3.º
PORTO
Tel. 2 2553

# TOPOGRAFIA GERAL

Pelo Eng.º CARVALHO XEREZ

## VOLUME I

Generalidades. Representação do terreno
Leitura e utilização das cartas
Medição de distâncias. Medição de ângulos
Nivelamento
Apoio dos levantamentos
Métodos clássicos de levantamento

## VOLUME II

Levantamentos subterrâneos
Métodos fotogramétricos de levantamento
Erros e compensações de observações
Cartografia
Astronomia geodésica. Complementos de geodesia
Aplicações

**PREÇO DE CADA VOLUME ENCADERNADO**

**150$00**

**Desconto de 10 % aos nossos assinantes**

**Edição da TÉCNICA**

# BETÃO SEM FINOS

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) JOVITO MENDES TAÍNHA

C. D. 666.971:728.1

*Antes de entrar na exposição do trabalho realizado não quero deixar de agradecer a valiosa colaboração do Engenheiro John Jardine Neto no decorrer dos estudos, colaboração essa que foi mesmo até à redacção duma parte deste artigo.*

*Não quero também deixar de destacar as utilíssimas indicações fornecidas pelo Engenheiro Luís Maria Nolasco de Guimarães Lobato, quer durante os ensaios, quer nos elementos que trouxe de Inglaterra por ocasião duma viagem a este país.*

## I

O problema da construção de casas económicas reveste-se de variadíssimos aspectos, muitos dos quais, e os não menos importantes, competem ao engenheiro. O papel deste, mesmo sem sair do seu campo de acção, é de grande importância dentro daquele problema.

Assim, apresentamos neste trabalho algumas notas sobre a introdução de um novo material de construção no nosso país, que poderá vir a dar uma apreciável contribuição para a solução do problema das casas daquele tipo.

Este material foi por nós estudado nas obras de construção das casas de renda económica do Bairro de Alvalade e foi baseando-se nos resultados desses ensaios que a Câmara Municipal de Lisboa tomou a iniciativa de o empregar nalgumas das casas deste bairro e bem assim na construção de um bairro de casas para as classes pobres no Caramão da Ajuda. É de notar que o betão sem finos foi utilizado não só nestes dois bairros como num outro em Setúbal, havendo ainda outras tentativas da sua aplicação na cidade do Porto.

O estudo deste material coincidiu com o pedido de um dos empreiteiros para a substituição de alvenaria hidráulica em paredes por betão vulgar, o que de certo modo veio de encontro aos desígnios dos serviços técnicos da Câmara que eram procurar um

Fig. 1

Aspecto do material em parede

material que permitisse dispensar grande parte da mão de obra especializada — pedreiros — que já então era difícil de se conseguir devido à existência de muitas outras obras na cidade de Lisboa.

Fizeram-se os ensaios necessários tendo em vista não só o problema da resistência relacionado com a granulometria especial deste betão e com a dosagem do cimento, como também o aspecto económico na sua aplicação.

Após este estudo e enquanto as aplicações nas obras da C. M. L. e noutras continuam, o Laboratório de Engenharia Civil agora está levando a cabo o estudo mais completo deste material, e, do que nos consta, dentro em breve está habilitado a apresentar os seus resultados.

## II — O Material

1) *Definição* — O betão sem finos é um material constituído por cimento e brita de granulometria uniforme. Excluiram-se, por-

Fig. 2

tanto, os materiais inertes finos empregados no betão vulgar. Por isso o betão sem finos tem uma grande percentagem de vazios distribuídos uniformemente pela sua massa (fig. 1). A granulometria da brita empregada no betão sem finos sobre que incidiu o nosso estudo, varia entre o peneiro B. S. $^3/_4''$ e B. S. $^3/_8''$ (murraça).

2) *Origem* — Este material foi empregado pela primeira vez na Holanda pouco depois da guerra 1914-18. Introduzido na Inglaterra por alturas de 1920 contribuíu para debelar a crise de habitação desse após-guerra (1920-30). Grande parte dos edifícios então construídos e hoje ainda habitados, tanto quanto se saiba, têm-se comportado bem. Vencida a crise abandonou-se a construção de casas de betão sem finos para novamente se voltar a empregá-lo durante a guerra de 1939-45. Só nos anos de 1940-42 foram construídas na Escócia cerca de 900 casas com este material.

3) *Resistência* — A resistência à compressão do betão sem finos é suficiente para paredes de casas de dois ou três andares o que se confirma adiante pelos resultados dos nossos ensaios. Tem, porém, fraca resistência à tracção. Deve portanto evitar-se maus terrenos de fundação, tais como aterros ou terras susceptíveis de serem minadas.

As fundações devem ser de betão vulgar ou de alvenaria.

4) *Isolamento* — O isolamento térmico do betão sem finos parece depender do tipo de britas empregado. Segundo resultados obtidos em ensaios laboratoriais ingleses, o isolamento térmico de uma parede deste material é equivalente ao de uma parede de tijolo de igual espessura.

5) *Penetração à chuva* — O betão sem finos tem uma estrutura sem canais capilares contínuos, não permitindo, portanto, a migração capilar da humidade. Assim a água da chuva não é conduzida da face exterior à interior da parede mesmo que se produzam fendas nos revestimentos.

6) *Cofragem* — A pressão hidrostática exercida sobre as cofragens pelo betão sem finos é cerca de um terço da exercida por um betão vulgar.

É portanto possível moldar camadas altas (2 a 3 m.) com cofragens relativamente leves.

Dado que o material não deve ser vibrado nem apiloado e ainda que a quantidade de água e cimento a empregar deve ser sòmente a suficiente para cobrir as britas com uma película de calda de cimento, as cofragens não necessitam ser estanques.

Há até vantagem nas cofragens serem constituídas por taipais de metal distendido, suportado por quadros de madeira visto que a rede de metal permite fiscalizar a betonagem e facilitar a secagem do betão.

Dada a sua granulometria uniforme não há perigo de segregação e portanto o material pode ser transportado sem grandes cuidados e lançado dentro das cofragens da altura de alguns metros.

A aderência entre o betão endurecido e o betão fresco nas juntas de betonagem é menor do que no betão vulgar. É portanto necessário reduzi-las ao mínimo, o que se consegue moldando logo um andar de cada vez.

7) *Amassadura* — A amassadura do betão sem finos difere sensìvelmente da amassadura do betão vulgar. Primeiro lança-se a brita e metade da água necessária para uma amassadura na betoneira e mistura-se durante cerca de um minuto. Adiciona-se em seguida o cimento e logo o resto da água e mistura-se o conjunto até que todas as partículas de brita estejam completamente envolvidas por uma película de calda de cimento. Esta última operação nunca deve durar menos do que um minuto e meio.

8) *Execução* — Como para o betão vulgar acontece que na construção em betão sem finos a grande percentagem de mão de obra a empregar pode ser não especializada. Dada uma organização de estaleiro eficiente e pessoal adestrado, a rapidez de construção é consideravelmente maior do que para as alvenarias hidráulicas, como tivemos ocasião de constatar.

9) *Acabamento* — A superfície rugosa do betão sem finos é óptima para aplicação de rebocos. Além disso o material é suficientemente resistente para não se dar a rotura devido a tensões de contracção.

## III — Estudos e ensaios preliminares e aplicações do betão sem finos

### A) Estudos e ensaios

#### Do betão

Seguiu-se a técnica dos ensaios preconizada pela recomendações dos ingleses [1] sendo as britas provenientes do estaleiro montado numa das obras do Município: «Canalização da Ribeira de Alcântara»». A brita — tipo murraça — utilizada nos ensaios era de calcáreo cristalizado, isenta de argilas, para o que várias vezes, antes de ser utilizada, teve de ser lavada, visto chegar à obra um tanto suja.

Para se garantir a constância de diâmetro máximo $\simeq$ 2 cm fez-se uma crivagem antes da aplicação das britas.

A densidade aparente, determinada por cerca de 20 ensaios, foi em média de 1,4, depois de completamente secas as britas em forno de campanha montado no local dos estudos.

Os moldes para os cubos de $20 \times 20 \times 20$ cm eram metálicos e a preparação dos mesmos para a moldagem fazia-se como para os ensaios em betão vulgar.

No entanto experimentaram-se também moldes de madeira de pinho que eram molhados antes do enchimento.

A moldagem foi feita em 3 camadas, à pá, com o auxílio de um varão de ferro para fazer chegar as britas aos cantos dos moldes, pois houve dificuldade em conseguir-se cubos com formas bem definidas, o que só se conseguiu com esta técnica.

Os cubos eram conservados em meio húmido dentro de um tanque coberto feito no terreno, no local dos ensaios, de modo que, tendo o tanque água no fundo, esta não molhasse os blocos, recebendo estes apenas a humidade do ambiente.

Os ensaios de rotura à compressão, feitos no Laboratório de Engenharia Civil, realizaram-se de princípio sem qualquer prepa-

---

(1) Post-war Building Studies — N.º 1 — 1944.

ração das faces usando a técnica do emprego de cartões espessos distribuidores de cargas, evitando deste modo qualquer concentração de tensões devido ao contacto, por pontos, nos pratos.

Como nos cubos assim preparados não há efeito de cintagem apreciável na prensa, as figuras de rotura são linhas sensìvelmente perpendiculares aos pratos.

Analizados os fragmentos dos cubos ensaiados, o esmagamento dava-se nas britas e não no menisco de cimento que os liga, o que veio demonstrar a perfeita estruturação dada pelo cimento a este material.

Quando depois viemos a utilizar a técnica de cobrir as duas faces a comprimir na prensa por uma argamassa de distribuição de cargas ao traço 1:3, verificava-se o efeito de cintagem e então as figuras de rotura aproximam-se mais das figuras normais de rotura correspondentes a um betão vulgar.

Ensaiámos blocos de betão sem finos com britas de vários diâmetros desde o granito (diâmetro max ≃ 6 mm) até ao meio cascalho (diâmetro max m ≃ 40 mm) tendo-se verificado que nestes casos extremos se comportava melhor o betão feito com britas de menor diâmetro.

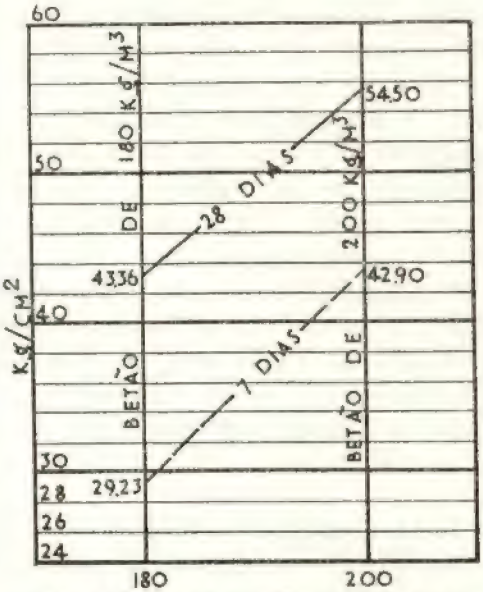
Fizemos também ensaios utilizando a mistura de britas de vários diâmetros, estudo este que não poude ser completado dado que havia urgência em definir elementos para o betão de granulometria uniforme, ponto de partida de todos estes ensaios preliminares.

Deste modo a parte principal do nosso trabalho, em laboratório, incidiu sobre o conhecimento da influência das variações de dosagem de cimento, relação $\frac{A}{C}$, tempos de amassadura e idade do betão feito com britas tipo murraça ($3/8'' < \phi < 3/4''$)

Fizeram-se cerca de 300 ensaios de compressão de que apresentamos em gráficos, os valores médios.

O 1.º gráfico mostra a influência da dosagem do cimento e idade do betão. Os aumentos de carga de rotura dos 7 para os 28 dias foram respectivamente de 48 % e 27 % para betões de 180 e 200 kg.

Os ingleses, na publicação atrás citada, aconselham para carga de rotura mínima para o betão sem finos o valor 350 lb/sq.in ⟺ 25,2 k/cm² aos 28 dias, pelo que se pode deduzir através dos resultados dos nossos ensaios que aos 28 dias não obtivemos valores médios inferiores a 43,36 kg/cm² o que, neste




VARIAÇÃO DAS CARGAS DE ROTURA COM A DOSAGEM E COM O TEMPO

Fig. 3

ponto, nos tirou dúvidas quanto às possibilidades de aplicação do material.

É de notar também a influência da relação $\frac{A}{C}$ na resistência como se vê no 2.º gráfico. Obtivemos melhores resultados para a relação $\frac{A}{C} = 0{,}40$ do que para valores menores, além do facto de se notar que, para esta relação, o envolvimento das britas pela calda de cimento era mais perfeito do que por exemplo para $\frac{A}{C} = 0{,}30$.

### Do material em obra — Parede experimental

Enquanto prosseguiam os ensaios de granulometria e dosagens, procedeu-se à construção de uma parede experimental em conformidade com uma das plantas das casas de renda económica, a primeira em betão

sem finos no estudo de introdução deste material no país.

Fizeram-se as fundações de alvenaria hidráulica à maneira usual com pedra das

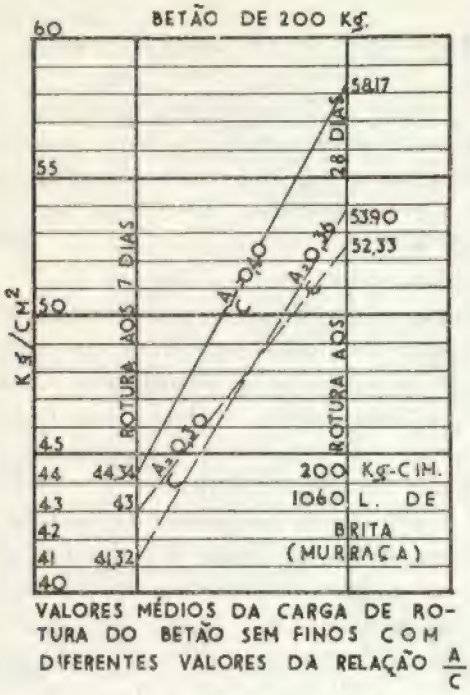



Fig. 4

pedreiras de Monsanto e com argamassa ao traço 1:5 em volume. Seguidamente preparam-se as cofragens constituídas por painéis de madeira, painéis esses, a toda a altura da

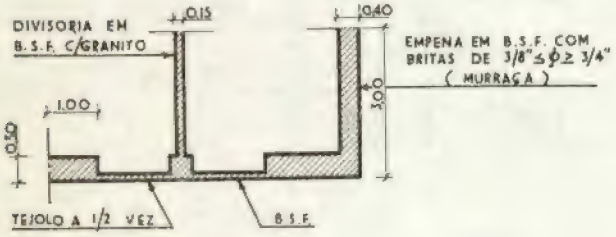



Fig. 5

Planta da parede experimental

parede ($2^m$,95). As tábuas de pinho de 2,4 cm de espessura, eram pregadas a um engradado de prumos de 8 × 8 cm que se ligavam a escoras pelo lado exterior da parede, as quais por sua vez formavam parte dos andaimes de serviço.

As tábuas ficaram com juntas horizontais de 2 cm a fim de permitir a secagem do betão e ao mesmo tempo servindo para controlar a betonagem.

Fig. 6

Parede experimental dias depois da desmoldagem

Antes da betonagem tomou-se a precaução de se molhar os moldes para evitar que parte da água de amassadura fosse absorvida pela madeira.

No betão desta parede foram utilizados dois tipos diferentes de britas: murraça $3/8'' \leqslant \phi \leqslant 3/4''$ na parede principal e empena, e granito $\phi \leqslant 3/8''$ na parede divisória. Estas britas eram ainda da mesma proveniência das utilizadas nos cubos de ensaio.

O betão era de 200 kg de cimento por metro cúbico e a relação $\frac{A}{C} = 0{,}36$.

Ensaiaram-se cubos deste betão ($3/8'' \leqslant \phi \leqslant 3/4''$) que deram à rotura os valores 47,65 kg/cm² aos 8 dias e 74,56 aos 28 dias.

A betoneira estava instalada junto da construção e o transporte das massas era feito por trabalhadores munidos de baldes, sendo o betão lançado da parte superior dos moldes.

Deste modo a primeira camada de betão caía de uma altura de cerca de 3 m e livremente.

Logo que se completava uma camada horizontal o material lançado era mexido

com varões de ferro de ø 1/2" para que as britas preenchessem todos os cantos. Notou-se ser necessária esta operação a fim de evitar o efeito de arco que neste caso se observava quer devido à existência de obstáculos no interior dos moldes, como sejam os contramoldes para os vãos e o endentado feito com tijolo do pano de peito ou ainda até um simples prego mais saliente, quer porque, ao encher a última camada, a altura de queda não era suficiente para o evitar.

A desmoldagem fez-se 48 horas depois da moldagem.

*Meios de execução da parede:*

*a*) Transporte de britas para a betoneira em carrinhos de mão.
*b*) Amassadura mecânica com uma betoneira de 250 litros.
*c*) Transporte de betão com baldes.
*d*) Espalhamento do betão na cofragem com varões de ferro redondo de ø 1/2".

*Quantidades de material e mão de obra:*

*a*) Madeiras empregadas na cofragem e andaimes:

| | |
|---|---|
| — Solho para cofragem de betão . . . . . | 56,10 mq |
| — Vigotas de 4 × 0,08 × × 0,08 m . . . . . | 1,40 mc |

*b*) Quantidades dos componentes:

| | |
|---|---|
| — Cimento «Tejo» . . . . | 2.350 kg |
| — Britas . . . . . | 12,546 mc |
| — Água . . . . . | 846 l |

*c*) Mão de obra:

— 75 horas de trabalhador (equivalente a 10 trabalhadores durante 7 h e 30 m).

*Rendimento do betão:*

| | |
|---|---|
| — Volume dos materiais . . | 12,546 mc |
| — Volume de obra executada . . . . . | 11,580 mc |
| Diferença . . . | 0,966 mc |

*Nota:* O tempo de 7 h e 30 m não foi dispendido de uma só vez, visto a experiência ter sido efectuada em dois dias. Não obstante, todas as regras atrás descritas foram seguidas.

**Ensaios feitos na parede experimental**

a) *Lintéis* — Constituídos por betão sem finos, com o vão de 1,40. Num deles colocou-se uma armadura, na zona de tracções, de 4 varões de ferro de ø 1/2" com estribos de ø 1/4". No outro não se colocou qualquer armadura.

Assim, no primeiro caso admitiu-se a aderência do betão sem finos ao ferro em face das considerações resultantes das experiências feitas pelos ingleses. Em qualquer dos casos não se notou qualquer fenda ou alteração nos próprios linteis.

b) *Ligação com alvenaria de tijolo* — Um dos dois panos de peito foi construído em tijolo a meia vez, e antes da moldagem, para se estudar a ligação do betão sem finos a um material diferente. Deixou-se ficar um endentado na parede de tijolo aproveitando a alternância das juntas ver-

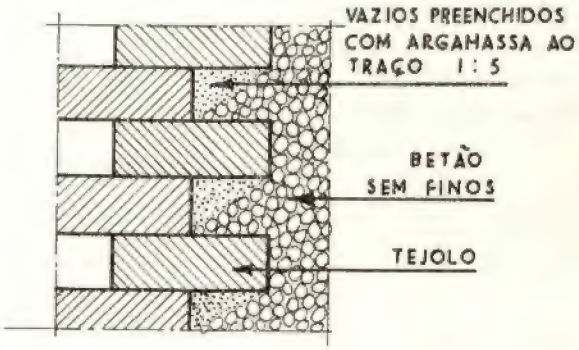



Fig. 7

ticais. Verificou-se que na face inferior desses dentes, a ligação do betão sem finos não era perfeita, ficando uns vazios sem britas que, depois das paredes desmoldadas, se preencheram com argamassa como se indica no desenho.

c) *Abertura de roços* — Experimentou-se a abertura de roços como é usual em qualquer parede feita com outro material. É de notar que não devem ser abertos antes de

decorrerem os 28 dias da moldagem, pois caso contrário dá-se a desagregação local das britas e deste modo a reparação da parede numa área apreciável.

Mas desde que haja esse cuidado, podem abrir-se roços no betão sem finos tendo em atenção que não deverão ser executados em paredes de espessura inferior a 20 cm a fim de evitar que a parede seja perfurada de face a face num ou noutro ponto.

d) *Estudo de revestimento:*

1) *Rebocos:* É sempre possível, com este material, diminuir a espessura dos rebocos em relação à usada com outro qualquer, desde que se tome cuidado no alinhamento dos moldes (painéis). Muito embora se dê a

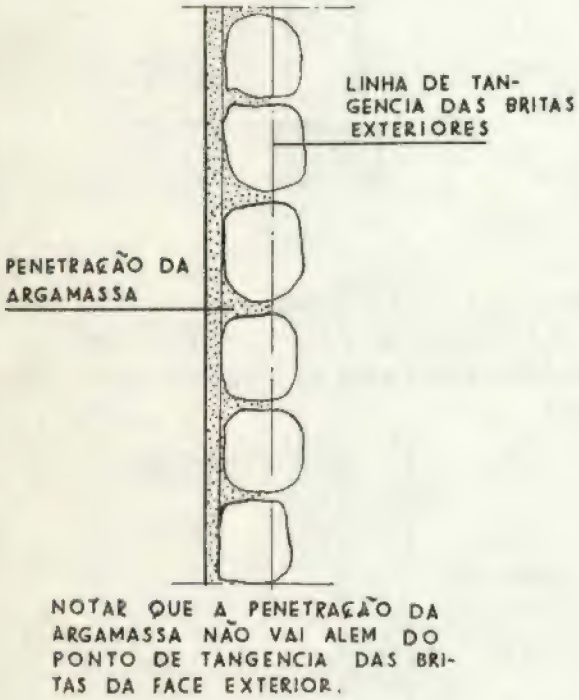



Fig. 7 a

penetração da argamassa nos interstícios das britas, a diminuição de espessura compensa largamente e com vantagem os gastos de argamassa em relação aos que se verificam quando se reboca uma parede de alvenaria com as irregularidades que lhe são características.

A aderência das argamassas faz-se aqui dum modo perfeito devido à textura própria do material.

Estas experiências fizeram-se do modo seguinte:

Escolheu-se para isso a empena e dividiu-se a superfície em 3 faixas iguais; a primeira, da direita, deixou-se por rebocar, na segunda apenas se aplicou o emboço ao traço 1:5 e com a expessura de 4 mm, na

Fig. 8

Empena da parede experimental com as três faixas preparadas para o ensaio da permeabilidade

terceira fez-se a aplicação de emboço e reboco ao traço de 1:5 e cobriu-se depois com massa de areia, num total de 1,5 cm de espessura. Concluímos que a aplicação do reboco é fácil devido à boa aderência à parede.

Durante todo o tempo em que se fizeram ensaios com esta parede experimental (cêrca de um ano) não se notou qualquer fenda de retracção.

Pode concluir-se daqui que não só não houve retracção apreciável do reboco devido a sua aderência, como também a própria

parede não sofreu movimentos apreciáveis de retracção que seriam visíveis no reboco.

2) *Estuques* — Estucaram-se interiormente as paredes sendo uma parte estuque simples e outra estuque com 3 % de cebo para estudos de permeabilidade. Igualmente o seu comportamento, durante esse ano, foi bom.

e) *Estudos de permeabilidade* — Aproveitando esta mesma parede experimental fizeram-se os ensaios de permeabilidade à chuva com os vários tipos de revestimentos. A chuva artificial foi produzida por uma agulheta fixada a um cavalete colocado à distância de 4 m e com uma inclinação, para baixo, de cerca de 20° em relação à horizontal.

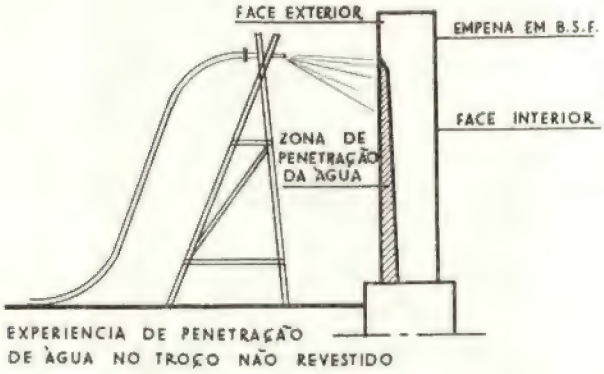



Fig. 9

Na ponta da agulheta colocou-se um espalhador de água, e deste modo conseguiu-se, a partir dos 4 kg/cm² da pressão da companhia, a reprodução de uma chuva de grande intensidade de incidência.

Houve o cuidado de, na face da parede oposta à da aplicação da chuva artificial, se dar uma caiação a gesso para se observar com mais facilidade qualquer humidade que a atravessasse.

O ensaio foi feito primeiramente sobre a faixa de parede não revestida. No topo livre pôde observar-se a penetração da água e que tinha por limite uma linha com andamento geral parabólico. Esta experiência durou cerca de 1 hora. Seguidamente fez-se o ensaio sobre as faixas rebocadas, ensaio esse que durou 24 horas.

Não se notou, durante todo esse tempo, qualquer mancha de humidade na face interior ao longo da parede preparada para este fim.

Apenas se verificou que na superfície de contacto da parede de betão sem finos com a fundação havia a passagem de água para o lado oposto ao da chuva que incidia na face exterior e caía ao longo dela sem penetrar.

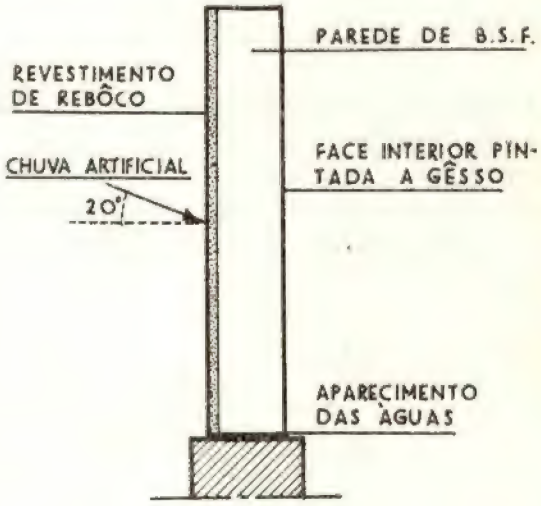



Fig. 10

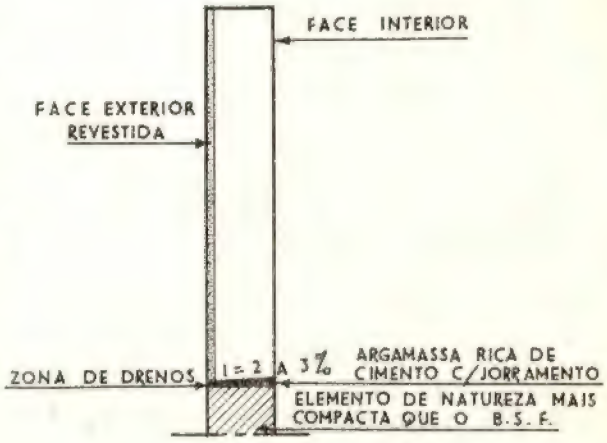
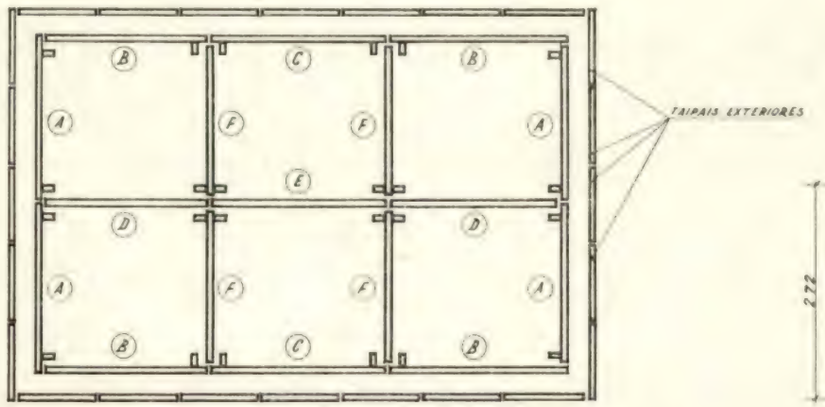


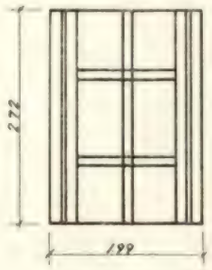

Fig. 11

Esta passagem de água evita-se com facilidade desde que antes da moldagem da parede e na superfície de separação do betão

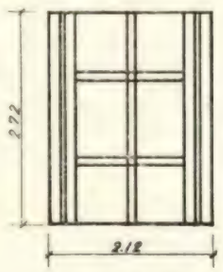
# SISTEMA DE COFRAGEM DE MADEIRA USADO NO BAIRRO DO CARAMÃO DA AJUDA



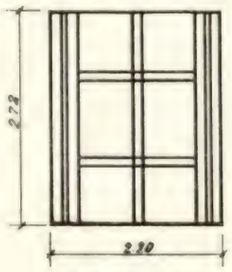

PLANTA DA COFRAGEM DAS PAREDES E ESCORAMENTO



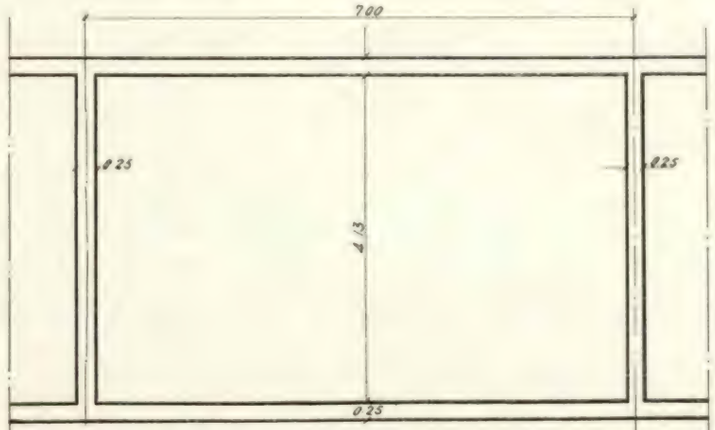

TIPO A




TIPO B



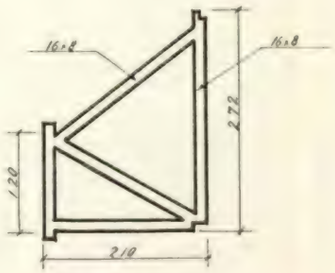

TIPO C



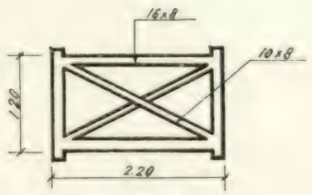

PLANTA DAS PAREDES EXTERIORES E EMPENAS MEEIRAS

ESCALA 1:50

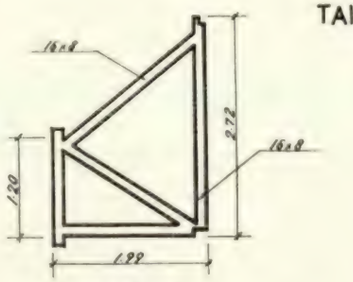
TAIPAIS EXTERIORES




TIPO D




TIPO E




TIPO F

sem finos com qualquer outro material se aplique uma argamassa rica em cimento e com jorramento para o exterior.

Assim qualquer água que penetre por capilaridade através de um reboco ou por uma fenda aberta no mesmo, condensar-se-ia e cairia sobre essa superfície e daí para o exterior, pelo que se deve prever sempre uns orifícios no reboco (drenos) criteriosamente estudados e distribuidos.

f) *Demolição da parede* — Fez-se a demolição da parede experimental com o auxílio de picaretas e alavancas. Notou-se que os golpes de picareta não produziam fendas de fractura, mas antes esmagavam localmente as britas sem ofender as zonas próximas. Só havia fractura depois da perfuração feita ter atingido metade da espessura das paredes.

## B) Aplicações do betão sem finos

### 1) No Bairro de Alvalade

O Município, baseado nestes resultados, iniciou a aplicação do betão sem finos nas suas obras aproveitando a construção de um dos grupos de casas em curso.

Neste caso não foi ainda possível fazer a aplicação do betão sem finos na totalidade das paredes, pois os trabalhos da empreitada em curso já se tinham iniciado dentro das condições do respectivo caderno de encargos, isto é, em paredes feitas de alvenaria hidráulica (paredes principais e empenas) e de alvenaria de tijolo (frontais e divisórias).

Não houve portanto tempo para se organizar um sistema de cofragens que permitisse a produção desejada para a substituição integral dos materiais, sem quebra de ritmo da construção. Era de notar que, neste caso, as cofragens deveriam ser objecto de demorado estudo porquanto as fachadas deste tipo de casas são muito rasgadas por vãos

Apenas se fez a substituição em empenas meeiras e divisórias que a elas estivessem ligadas directamente e bem assim os nembos adjacentes das fachadas principais.

As cofragens eram constituídas por uma série de painéis rectangulares com altura e largura submultíplas dos pés direitos e comprimento das paredes. O material usado foi a madeira em tábuas de forro pregadas a uma grade formada de barrotes, portanto a mais simples cofragem que se pode imaginar. Este sistema é muito mais simples que o utilizado no Bairro do Caramão da Ajuda, pois nem sequer as tábuas de forro foram aplainadas, o que se viu não ser muito necessário.

Apenas se fizeram cerca de 100 mc. de paredes nas quais se experimentaram rebocos (traço 1:5 de cimento e areia no exterior e 1:1:7 de cimento, cal e areia no interior), abertura de roços, cintagem e colocação de tacos para aduelas.

Estes últimos eram acompanhados com argamassa logo que as paredes eram desmoldadas.

Emquanto se não rebocavam as paredes e não eram aplicados os guarnecimentos dos vãos, protegia-se os topos (aduelas), com uma argamassa, a fim de se evitar o esboroamento das arestas com o trabalho dos operários. Esta precaução provou ser do maior interesse.

### 2) No bairro do Caramão da Ajuda

A primeira obra onde em Portugal se aplicou em larga escala o betão sem finos foi na construção de casas para as classes pobres no Caramão da Ajuda.

O problema das britas resolveu-se cabalmente uma vez que aplicada a «murraça» nas paredes, o granito e britas de outros diâmetros obtidos no seleccionador foram usados no fabrico de betão vulgar aplicado apenas neste caso em fundações, lintéis, cintas, manilhas de esgoto, etc., fazendo-se assim um aproveitamento integral dos materiais britados.

As cofragens da face exterior foram executadas em painéis rectangulares de madeira de lados submúltiplos do pé direito das casas. As da face interior eram painéis também de madeira a toda a altura dos pés direitos.

Os da cofragem exterior colocavam-se em fiadas horizontais à medida que se fazia o enchimento, e ficavam ligados aos andaimes.

Fig. 12 *Cliché Kurt Pinto*

As cintas de travamento mantiveram a forma e secções usuais, e a sua betonagem efectuava-se logo que a porção de parede, onde ia assentar, se acabava de encher, estando o betão sem finos ainda fresco.

Fig. 12 a

Tipo das casas do Caramão da Ajuda

O betão destas cintas era um betão vulgar, um pouco menos fluido do que o usual, para evitar a segregação.

O vigamento de madeira era colocado ligado à cofragem, de modo que, para este caso, não se usaram dispositivos especiais na moldagem das paredes.

Não obstante para a colocação dos tacos, prèviamente ligados à cofragem, levantaram-se algumas dificuldades.

Daí o ter-se escolhido uma forma especial em que a secção do taco favorecia o aperto do betão envolvente.

A betonagem das paredes era feita com o auxílio de duas gruas munidas de um balde.

Fig. 13

Aspecto do estaleiro da obra

A desmoldagem era feita 24 ou 48 horas após o enchimento e as paredes eram regadas várias vezes durante os primeiros dias da presa.

Fig. 14
Notar no primeiro plano os painéis exteriores dos moldes

Fig. 15
Notar os topos dos vigamentos colocados antes da moldagem

## Conclusão

Do que acabamos de expor e enquanto o Laboratório de Engenharia Civil não completar o estudo deste material, podemos tirar as seguintes conclusões:

*O betão sem finos pode ser aplicado na construção civil em paredes em elevação para prédios de 1 ou 2 andares, desde que obedeça às seguintes condições:*

*a*) — Paredes sobre fundações estáveis

Fig. 16
Fase do enchimento dos moldes

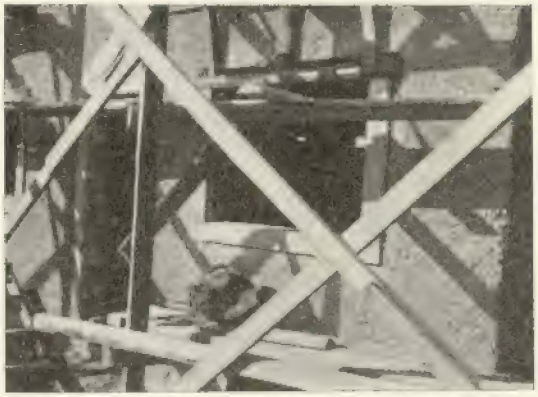


Fig. 17
Colocação das cantarias duma janela

*b*) — Empregando britas tipo murraça $3/8'' < \phi < 3/4''$;

*c*) — Dosagem de cimento não inferior a 180 kg de cimento por metro cúbico de betão;

*d*) — Desde que a técnica de amassadura seja como atrás ficou dito;

*e*) — Desde que o betão não seja vibrado nem fortemente apiloado;

*f*) — Desde que a desmoldagem não seja feita antes de 24 horas;

*g*) — Desde que se verifiquem todas as outras condições de execução de paredes de betão vulgar simples;

*h*) — Desde que sejam estudados, como por exemplo se indicou atrás, os pormenores de execução dos vários elementos da estrutura, revestimentos e acabamentos, atendendo a que se não deve abrir roços nas paredes de espessura inferior a 20 centímetros.

# LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA EM CORRENTE ALTERNADA. REGIME FORÇADO.

PELO ENG.º DIPL.º (I. S. T.) ANTÓNIO A. DE CARVALHO FERNANDES, M. I. R. E.
Assistente do I. S. T.

*(Continuação)*

C. D. 621.315:621.3.025

## 4.0 Determinação prática das características de propagação de uma linha finita. Casos típicos. Exemplos.

Neste Capítulo, desejamos fazer referência a três casos típicos fundamentais de linhas de transmissão de energia eléctrica:

— Linhas para transporte de grande quantidade de energia a grande distância.
— Linhas para circuitos telefónicos.
— Linhas para transmissão de energia em rádio-frequência.

Para cada um destes casos faremos cálculos referentes a exemplos concretos. Procuraremos ainda fazer salientar os aspectos essenciais que reveste o problema da transmissão, nos três casos citados.

Desejamos esclarecer que, nos cálculos práticos realizados, as amplitudes complexas dos vectores correspondentes à representação simbólica utilizada estão referidos a valores eficazes e não a valores máximos.

### 4.1 *Linhas para transporte de grande quantidade de energia a grande distância.*

Nos problemas correntes de transporte de energia em baixa frequência, quando as distâncias a vencer são relativamente curtas, o estudo profundo das condições de transmissão nem sempre é necessário. Contudo, logo que distâncias de muitas centenas de quilómetros tenham de ser vencidas, logo que haja que estudar o problema da interligação de grandes redes, é necessário que os técnicos que tenham a seu cargo o estudo das condições de transmissão analisem o problema com todo o pormenor. Todos os efeitos especiais que são notados, a corrente de carga nas linhas, os problemas de rendimento de transmissão, de regulação, de limitação de energia transportável, etc., terão de ser estudados à luz da teoria da transmissão de energia por linhas. Por isto nos parece que o estudo das condições de transmissão de energia por linhas pode merecer hoje um grande interesse por parte dos Engenheiros das Correntes Fortes.

Este trabalho inclui um cálculo prático referente a uma linha de transmissão de energia que, por simplicidade, considerámos monofásica. Antes, contudo, de entrarmos pròpriamente no cálculo em questão, desejamos fazer referência a um conceito especialmente importante no problema de transmissão de grandes quantidades de energia — o conceito de *Potência Natural* da linha.

Consideremos uma linha monofásica, de resistência óhmica desprezível e resistência de isolamento entre condutores infinita, isto é, uma linha sem dissipação.

Vimos já que, para uma linha nestas condições, se verificam as equações (1.49) e (1.50).

Suponhamos que a linha é terminada por uma resistência igual à impedância característica, $Z_0$, que, no caso que estamos considerando, é óhmica pura. Suponhamos ainda que aplicamos na origem da linha uma tensão alternada sinusoidal de valor eficaz $E_k$. A potência fornecida na origem da linha será, neste caso, igual à potência dissipada na resistência de terminação e igual a

$$P_0 = \frac{E_k^2}{Z_0}.$$

É evidente que estas seriam as condições ideais de transmissão, quer sob o ponto de vista do factor de potência, que seria unitário, do coeficiente de reflexão, que seria nulo, ou da variação da tensão e da corrente ao longo da linha que seria segundo uma lei sinusoidal.

À potência $P_0$, assim definida, costuma dar-se a designação de *potência natural* ou

*potência característica* da linha. Como é evidente, esta potência depende apenas do quadrado da tensão de serviço e da impedância característica da linha. A potência natural de uma linha representa um elemento muito importante no problema do transporte de energia; tendo em atenção que a potência natural de cada tipo de linhas varia, na prática, dentro de limites muito estreitos, concluímos imediatamente que a tensão de serviço a utilizar dependerá, em cada caso, da potência a transportar. Para o caso corrente das linhas aéreas monofásicas, em que a impedância característica está normalmente compreendida entre 700 e 800 Ohms, foi incluído o seguinte quadro; foi considerada, para a obtenção dos valores indicados, uma impedância característica real de 750 Ohms.

*Linhas Monofásicas*

| Tensão Kilovolts | Potência natural Kilowatts |
|---|---|
| 15 | 300 |
| 30 | 1200 |
| 60 | 4800 |
| 110 | 16130 |
| 220 | 64530 |
| 440 | 258130 |

Em linhas trifásicas, as potências são sensìvelmente duplas das indicadas. Em cabos, as potências que podem ser transmitidas são aproximadamente 10 vezes mais elevadas que no caso das linhas aéreas, para as mesmas tensões, em virtude da sua impedância característica ser cerca de 10 vezes menor.

Consideremos agora o caso prático de uma linha monofásica, aérea, para transporte de energia em alta tensão. Seja $2r_0$ o diâmetro dos condutores da linha e D o afastamento entre os eixos dos condutores. Abstraiamos da presença da terra.

As expressões da Capacidade e do Coeficiente de Auto-Indução da linha aérea de dois condutores rectilíneos, são como sabemos, por unidade de comprimento de linha:

$$C = \frac{\varepsilon}{4} \frac{1}{9 \log \left[ \frac{D}{2r_0} + \sqrt{\left(\frac{D}{2r_0}\right)^2 - 1} \right]} \mu F\, Km^{-1} \qquad (4.1)$$

$$L = \left( 4 \mu_a \log \frac{D - r_0}{r_0} + \mu_i \right) \times 10^{-1}\, m\, H\, Km^{-1} \qquad (4.2)$$

em que as letras têm o seguinte significado:

C — Capacidade da linha por unidade de comprimento.

L — Coeficiente de auto-indução da linha, por unidade de comprimento.

$\varepsilon$ — Constante dielétrica relativa, do meio que envolve os condutores.

$\mu_a$ — Permeabilidade magnética relativa, do meio que envolve os condutores.

$\mu_i$ — Permeabilidade magnética relativa, do material de que são constituídos os condutores.

As equações (4.1) e (4.2) têm contudo um aspecto simplificado para o caso de ser $\frac{D}{2r_0}$ muito grande em relação a unidade. No caso ainda de ser o ar o meio que envolve os condutores, teremos pràticamente $\mu_a = 1$ e $\varepsilon = 1$. Se os condutores forem de cobre será ainda $\mu_i = 1$. Nestas condições poderá escrever-se:

$$C = \frac{1}{36 \log \frac{D}{r_0}} \mu F\, Km^{-1} \qquad (4.3)$$

$$L = \left( 4 \log \frac{D}{r_0} + 1 \right) 10^{-1}\, mH\, Km^{-1}. \qquad (4.4)$$

As condições em que estas equações são deduzidas são do conhecimento geral e não desejamos alongar o nosso estudo frisando estes pontos.

Consideremos agora o caso prático de uma linha monofásica, com as seguintes características fundamentais:

— Condutores de cobre

— Diâmetro dos condutores . . . . . $2r_0 = 5/8'' = 1{,}59$ cm

— Afastamento entre eixos dos condutores $D = 10' = 305$ cm
— Comprimento da linha . . . . . $l = 450$ Km
— Frequência da tensão aplicada . . . . $f = 50$ c/s.
— Valor eficaz da tensão alternada no extremo distante (circuito de carga) . . . $Er = 220.000$ Volts
— Características da carga no extremo distante . . . . . $P = 60.000$ KW
$\cos\varphi = 0{,}8$ (indutivo)

Nos cálculos que vamos fazer a seguir, supõe-se que o «efeito pelicular» é desprezível, o que nos parece justificável para o caso prático que considerámos. Desprezamos também as perdas por «efeito de coroa». Supomos ainda que a resistência de isolamento dos condutores da linha é infinita, isto é, que $G = O$.

Para a linha, nas condições indicadas, vamos calcular:

— as características de propagação (constantes de propagação, de amortecimento e de comprimento de onda),
— a impedância característica, a impedância em vazio e a impedância em curto-circuito,
— o comprimento da linha medido em comprimentos de onda propagada,
— a tensão, a corrente, a potência e o factor de potência na origem da linha,
— o rendimento de transmissão.

Calculemos inicialmente os parâmetros da linha:

— *Resistência óhmica por Km de linha* (considerando a resistividade do cobre igual a 0,0175 ohm mm$^2$ m$^{-1}$)

$$R = 0{,}177 \text{ Ohm Km}^{-1}.$$

— *Coeficiente de auto-indução por Km de linha*

$$L = 2{,}48 \text{ mH Km}^{-1}.$$

— *Capacidade por Km de linha*

$$C = 0{,}00467\ \mu\text{F Km}^{-1}.$$

Calculemos agora os seguintes elementos:

— *Constantes de enfraquecimento e de comprimento de onda*

Vimos já que, para o caso de uma linha sem perdas no isolamento e com fraca resistência óhmica, as constantes de enfraquecimento e de comprimento de onda são dadas, respectivamente, pelas equações (1.53) e (1.54). Teremos portanto:

$$\alpha = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{0{,}177}{2}\sqrt{\frac{0{,}00467 \times 10^{-6}}{2{,}48 \times 10^{-3}}} \text{ Nepers Km}^{-1}$$

$$= 0{,}12 \text{ Nepers Km}^{-1}$$

$$\beta = \omega\sqrt{L\,C} = 2 \times \pi \times 50 \times$$

$$\times \sqrt{2{,}48 \times 10^{-3} \times 0{,}00467 \times 10^{-6}} \text{ Rad Km}^{-1}$$

$$= 1{,}07 \times 10^{-3} \text{ Rad Km}^{-1}.$$

Concluímos portanto que a *Constante de Propagação da linha* será:

$$\gamma = \alpha + j\,\beta = (0{,}12 + j\ 1{,}07) \times 10^{-3} \text{ Km}^{-1}.$$

A *velocidade de propagação* nesta linha será, pela equação (1.42)

$$v = \frac{\omega}{\beta} = \frac{2 \times \pi \times 50}{1{,}07 \times 10^{-3}} = 293000 \text{ Km seg}^{-1}.$$

O *comprimento de onda* será dado pela expressão (1.44) e será portanto:

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2 \times \pi}{1{,}07 \times 10^{-3}} = 5860 \text{ Km}.$$

O *comprimento de linha medido em unidades de comprimento de onda,* será portanto:

$$\frac{450}{5860} = 0{,}077.$$

Vemos assim, por este exemplo, que, para as baixas frequências usualmente emprega-

das no transporte de energia, o comprimento da linha é em geral uma pequena fracção do comprimento de onda. Diz-se então que estas linhas são, em geral, eléctricamente curtas. Desejamos contudo fazer referência ao facto de, em certos casos, os comprimentos destas linhas poderem atingir milhares de quilómetros; o comprimento físico será, portanto, nesses casos uma fracção apreciável do respectivo comprimento de onda. Veremos adiante que, para o caso das frequências vocais médias, os comprimentos físicos das linhas são da mesma ordem de grandeza dos comprimentos das ondas propagadas.

Para as linhas de transmissão de rádio-frequência, os comprimentos físicos das linhas podem já ser muito superiores ao comprimento de onda.

Calculemos agora a *impedância característica* da linha. Será dada pela expressão (1.45).

$$\dot{Z}_o = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} = \sqrt{\frac{0{,}177 + j\,0{,}778}{j\,1{,}47 \times 10^{-6}}} =$$

$$= 738 \,\underline{|-6^o{,}4} = 733 - j\,82 \text{ Ohm.}$$

A *impedância em vazio,* será dada pela equação (3.20).

$$\dot{Z}_a = \dot{Z}_o \operatorname{cotgh} \gamma l$$

e será portanto:

$$\dot{Z}_a = \frac{738 \,\underline{|-6^o{,}4}}{0{,}523 \,\underline{|82^o{,}5}} = 1410 \,\underline{|-88^o{,}9} =$$

$$= 27 - j\,1410 \text{ Ohm.}$$

A *impedância em curto circuito* será dada pela equação (3.27)

$$\dot{Z}_c = \dot{Z}_o \operatorname{tgh} \gamma l$$

e seria portanto

$$\dot{Z}_c = 738 \,\underline{|-6{,}^o4} \times 0{,}523 \,\underline{|82{,}^o5} = 386 \,\underline{|76{,}^o1} =$$

$$= 93 + j\,375 \text{ Ohm.}$$

Vejamos qual é a expressão da *impedância de carga* $\dot{Z}_r$ que supuzemos aplicada na extremidade distante da linha.

Seja $\dot{E}_r = 220.000 + j0$ Volts, a tensão no circuito de carga, (amplitude complexa referida ao valor eficaz e não ao valor máximo).

Conclui-se fàcilmente que a expressão da corrente no circuito de carga será

$$\dot{I}_r = 273 - j\,204 \text{ A} = 341 \,\underline{|-36{,}^o8} \text{ A.}$$

A expressão da impedância $\dot{Z}_r$ será portanto

$$\dot{Z}_r = 517 + j\,387 \text{ Ohm} = 646 \,\underline{|+36{,}^o8} \text{ Ohm.}$$

Calculemos agora os valores das constantes $k_1$ e $k_2$, necessárias para o estabelecimento das equações de variação da tensão e da corrente ao longo da linha. Das equações (3.9) e (3.10) teremos, para o caso que estamos tratando

$$k_1 = \frac{1}{2}\,\varepsilon^{-\gamma l}\left(\dot{I}_r - \frac{\dot{E}_r}{\dot{Z}_o}\right)$$

$$k_2 = \frac{1}{2}\,\varepsilon^{\gamma l}\left(\dot{I}_r + \frac{\dot{E}_r}{\dot{Z}_o}\right).$$

Atendendo a que será

$$\varepsilon^{\gamma l} = \varepsilon^{0{,}051}\,(\cos 0{,}48 + j \operatorname{sen} 0{,}48) =$$

$$= 0{,}936 + j\,0{,}487$$

$$= 1{,}054 \,\underline{|27{,}^o5}$$

$$\varepsilon^{-\gamma l} = 0{,}948 \,\underline{|-27{,}^o5}$$

e ainda

$$\frac{\dot{E}_r'}{Z_o} = \frac{220.000}{738 \,\underline{|-6.^o4}} = 298 \,\underline{|6{,}^o4} = 296 + j\,33 \text{ A,}$$

teremos

$$k_1 = \frac{1}{2}\,0{,}948 \,\underline{|-27{,}^o5}\left[(273 - j204) - (296 + j33)\right]$$

$$= -\,113 \,\underline{|57^o} = -\,(62 + j\,95).$$

Teremos ainda

$$k_2 = \frac{1}{2}\, 1{,}054 \,\underline{|\, 27^\circ{,}5}\, [(273 - j\,204) + (296 + j\,33)]$$

$$= 314 \,\underline{|\, 10{,}8^\circ} = 308 + j\,59 \ .$$

Os valores das *amplitudes complexas* (ainda referidas a valores eficazes) *da tensão e da corrente na origem da linha* serão, portanto, tendo em atenção as equações (3.3) e (3.4)

$$\dot{I}_k = k_1 + k_2 = 246 - j\,36 = 249 \,\underline{|\, -8^\circ{,}3} \ \text{A}$$

$$\dot{E}_k = \dot{Z}_0 (k_2 - k_1) = 738 \,\underline{|\, -6^\circ{,}4} \times 401 \,\underline{|\, 22^\circ{,}6} = 296000 \,\underline{|\, 16^\circ{,}2} \ \text{V} \ .$$

Os *valores eficazes da corrente e da tensão na origem da linha* serão assim

$$I_k = 249 \ \text{A}$$

$$E_k = 296000 \ \text{V} \ .$$

A *impedância vista da origem* pode ser calculada como o cociente das amplitudes complexas da tensão e da corrente na origem da linha. O seu valor será, portanto,

$$\dot{Z} = \frac{\dot{E}_k}{\dot{I}_k} = \frac{296000 \,\underline{|\, 16^\circ{,}2}}{249 \,\underline{|\, -8^\circ{,}3}} = 1190 \,\underline{|\, 24^\circ{,}3} \ \text{Ohm} \ .$$

O valor da impedância vista da origem poderia ainda ser calculado a partir da equação (3.19)

$$\dot{Z} = \dot{Z}_0 \, \frac{\dot{Z}_0 \operatorname{tgh} \gamma l + \dot{Z}_r}{\dot{Z}_0 + \dot{Z}_r \operatorname{tgh} \gamma l}$$

$$= 738 \,\underline{|\, -6^\circ{,}4} \, \frac{738 \,\underline{|\, -6^\circ{,}4} \times 0{,}523 \,\underline{|\, 82^\circ{,}5} + (517 + j\,387)}{(733 - j\,82) + 646 \,\underline{|\, 36^\circ{,}8} \times 0{,}523 \,\underline{|\, 82^\circ{,}5}}$$

$$= 1190 \,\underline{|\, 24^\circ{,}3} \ \text{Ohm}$$

$$= 1080 + j\,489 \ \text{Ohm} \ .$$

Atendendo às expressões complexas da tensão e da corrente na origem da linha ou ainda à expressão da impedância vista da origem, acima indicadas, verificamos que a *desfasagem* da tensão em relação à corrente, na origem da linha, será de 24°,3, à qual corresponde um factor de potência de cerca de 0,91.

*A potência fornecida à linha,* pelo gerador, ligado na sua origem, será de

$$P = 296.000 \times 246 \times 0{,}91 \ \text{W} = 66.800 \ \text{KW}.$$

Este mesmo valor se poderá obter directamente a partir das expressões complexas da tensão e da corrente.

Definindo o *rendimento de transmissão,* como o cociente entre a potência fornecida pela linha ao circuito de carga e a potência recebida pela linha na sua origem, teremos portanto:

$$\eta = \frac{60.000}{66.800} \cong 90\ \%$$

Podemos agora resumir as características e as condições de funcionamento da linha que estudámos.

| | | |
|---|---|---|
| — Diâmetro dos condutores | $2\,r_0$ | $= 1.59$ cm |
| — Afastamento entre eixos | D | $= 305$ cm |
| — Comprimento da linha | l | $= 450$ Km |
| — Resistência óhmica por Km | R | $= 0{,}177$ Ohm/Km |
| — Coeficiente de auto-indução por Km | L | $= 2{,}48$ mH/Km |
| — Capacidade por Km | C | $= 0{,}00467\,\mu$F/Km |
| — Constante de propagação | $\gamma$ | $= (0{,}12 + j\,1{,}07) \times 10^{-3}$ Km$^{-1}$ |
| — Constante de enfraquecimento | $\alpha$ | $= 0{,}12 \times 10^{-3}$ Neper/Km |
| — Constante de comprimento de onda | $\beta$ | $= 1{,}07 \times 10^{-3}$ Rad/Km |
| — Velocidade de propagação | v | $= 292.000$ Km/s |
| — Comprimento de onda | $\lambda$ | $= 5.860$ Km |
| — Impedância característica da linha | $\dot{Z}_0$ | $= 733 - j\,82$ Ohm |
| — Impedância em vazio | $\dot{Z}a$ | $= 27 - j\,1410$ Ohm |
| — Impedância em curto-circuito | $\dot{Z}c$ | $= 93 + j\,375$ Ohm |

— Característica da carga aplicada na extremidade distante $\dot{E}r = 220.000 + j0V$

$f = 50$ c/s
$P = 60.000$ KW
$\cos\varphi = 0{,}8$ (ind)

— Corrente no circuito de carga $\dot{I}r = 273 - j\,204$ A
Valor eficaz $Ir = 341$ A

— Impedância de carga $\dot{Z}r = 517 + j\,387$ Ohm

— Tensão aplicada na origem da linha $\dot{E}k = 284.000 + j\,83.000$ V
Valor eficaz $Ek = 296.000$ V

— Corrente na origem da linha $\dot{I}k = 246 - j\,36$ A
Valor eficaz $Ik = 249$ A

— Factor de potência na origem da linha $\cos\varphi = 0{,}91$

— Rendimento de transmissão $\eta = 90\,\%$.

## 4.2 *Linhas para circuitos telefónicos*

As linhas utilizadas para circuitos telefónicos podem ser apenas previstas para utilização de frequências abrangidas pela banda vocal ou ainda para utilização simultânea de «altas frequências» moduladas por áudio-frequências. É frequente que sobre o mesmo par de fios esteja sendo utilizado um circuito de voz até 3500 c/s, um sistema de alta frequência a 3 vias utilizando frequências portadoras de 6 a 30 Kc/s e um outro sistema de alta frequência a 12 vias utilizando frequências portadoras de 40 a 150 Kc/s. As condições de transmissão de uma linha nestas condições terão naturalmente de ser estudadas nos seus múltiplos aspectos.

O estudo da transmissão telefónica em linhas tem uma feição diferente do estudo das condições de transmissão de grande quantidade de energia em baixa frequência. No caso das linhas telefónicas, as quantidades de energia são diminutas e os enfraquecimentos provocados pelas linhas podem ser compensados pela utilização de dispositivos amplificadores colocados convenientemente ao longo das linhas. O problema do «rendimento» da transmissão, como foi definido para o caso das linhas de baixa frequência, tem pouco interesse neste caso. Tem todavia especial interesse verificar se o enfraquecimento se dá igualmente para todas as frequências da banda que está a ser transmitida, isto é, se a linha não introduz uma distorção apreciável no sinal transmitido. Em 1.5 fizemos especial referência às linhas designadas «sem distorsão»; vimos que, se se verificar a condição expressa na equação (1.57), a constante de enfraquecimento $\alpha$ é independente da frequência e podemos portanto concluir que não haverá neste caso uma «distorção de amplitude» do sinal. Vimos também que, neste caso, a velocidade de propagação será independente da frequência e portanto não haverá «distorsão de fase» do sinal.

Nos casos práticos, de circuitos telefónicos, nem sempre é possível evitar o fenómeno da distorção de amplitude introduzida pela linha; podem então utilizar-se, em série com a linha, dispositivos chamados «igualizadores» que têm por missão amortecer mais intensamente as frequências para as quais a linha introduz menos amortecimentos, de modo tal que o conjunto linha-igualizador introduza sensìvelmente o mesmo grau de amortecimento para todas as frequências da banda a transmitir. Associados com os igualizadores há normalmente dispositivos amplificadores que, como acima dissemos, têm por missão compensar o amortecimento verificado durante a transmissão.

Vamos a seguir considerar um exemplo típico de uma linha usada para comunicações telefónicas e estudar as suas condições de comportamento nos três casos fundamentais de:

1.º) A linha estar terminada por uma impedância igual à sua impedância característica.

2.º) A linha estar em circuito aberto.

3.º) A linha estar curto-circuitada na sua extremidade distante.

Para os três casos considerados estudaremos as variações da tensão e da corrente ao longo da linha. Ilustraremos com gráficos os resultados obtidos.

Os cálculos realizados referem-se a uma frequência de 1000 c/s da tensão alternada sinusoidal que suporemos aplicada na origem da linha. Consideremos que os dois condutores de cobre da linha aérea têm o diâmetro $2\ r_0 = 0{,}104'' = 0{,}265$ cm e que o afastamento dos seus eixos é $D = 12'' = 30{,}6$ cm.

Calculemos o coeficiente de auto-indução por Km de linha. A fórmula (4.4), já referida, só poderá ser aplicada com certas reservas por ter sido deduzida para o caso de fenómenos quase estacionários. Contudo, neste caso, para áudio-frequências, os valores obtidos são ainda pràticamente correctos. Uma fórmula de ordem prática que costuma ser utilizada é a seguinte:

$$L = 0{,}92 \log_{10} \frac{D}{r_0} + L_0 \quad \text{mH Km}^{-1}, \qquad (4.5)$$

em que $L_0 = 0{,}1$ para o caso das áudio-frequências. Esta fórmula coincide, como é fácil verificar, com a fórmula (4.4) apresentada anteriormente. Para o caso que estamos considerando será:

$$L = 2{,}27 \quad \text{mH Km}^{-1}.$$

Calculemos agora a capacidade por Km de linha. Também a fórmula (4.3) já apresentada só poderá ser aplicada sob reserva. Contudo também para este caso os valores obtidos têm suficiente aproximação. Uma fórmula de ordem prática que costuma ser utilizada

$$C = \frac{0{,}01206}{\log_{10} \frac{D}{r_0}} \ \mu\text{F km}^{-1}, \qquad (4.6)$$

coincide também com a fórmula vista anteriormente. Para o caso que estamos considerando será

$$C = 0{,}0051 \ \mu\text{F Km}^{-1}.$$

A resistência por kilómetro de linha será, considerando uma resistividade do cobre igual a 0,0175 Ohm mm$^2$ m$^{-1}$,

$$R = 6{,}3 \text{ Ohm Km}^{-1}.$$

Tendo em conta que a frequência da tensão alternada sinusoidal aplicada na origem da linha é, como já foi dito, de 1000 c/s, será

$$\omega C = 32 \times 10^{-6} \text{ Ohm Km}^{-1},$$

e

$$\omega L = 14{,}3 \text{ Ohm Km}^{-1}.$$

O valor da condutância de isolamento G depende bastante das condições atmosféricas. Em linhas do tipo que estamos considerando, o valor de G poderá variar entre cerca de $0{,}2 \times 10^{-6}$ e $2 \times 10^{-6}$ Ohm$^{-1}$ Km$^{-1}$, respectivamente em tempo seco e tempo húmido. Nos cálculos que a seguir apresentamos foi considerado

$$G = 0{,}5 \times 10^{-6} \text{ Ohm}^{-1} \text{ Km}^{-1}.$$

Calculemos agora os valores das constantes da linha.

*Impedância característica*

Utilizando a equação (1.45) teremos

$$\dot{Z}_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} = \sqrt{\frac{6{,}3 + j\,14.3}{(0.5 + j\,32) \times 10^{-6}}} =$$
$$= 700 \ \underline{|-11^\circ{,}6}$$
$$= 686 - j\ 140 \text{ Ohm}.$$

*Constante de propagação*

Das equações (1.24) e (1.27) se conclui ser

$$\gamma = \sqrt{(G + j\,\omega\,C)\,(R + j\,\omega\,L)} =$$
$$= \sqrt{(0{,}5 + j\,32)\,(6{,}3 + j\,14{,}3)} \times 10^{-3} =$$
$$= 0{,}0224 \ \underline{|-77^\circ{,}4} =$$
$$= 0{,}0049 + j\ 0{,}0218 \text{ Km}^{-1}.$$

A *Constante de Enfraquecimento* será $\alpha = 0{,}0049$ Nepers/Km. e a

*Constante de Comprimento da Onda* será $\beta = 0{,}0218$ radianos/Km.

*A velocidade de propagação* nesta linha será dada pela equação (1.42)

$$v = \frac{\omega}{\beta} = \frac{2 \times \pi \times 1000}{0{,}0218} = 288\,000 \text{ Km seg}^{-1}$$

e o *comprimento de onda* será dado por (1.44);

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi}{0{,}0218} = 288 \text{ km.}$$

*Linha terminada por uma impedância igual à sua impedância característica*

Consideremos agora que a linha tem o comprimento de 600 Km e, supondo que está terminada por uma impedância igual à sua impedância característica, analisemos a variação das amplitudes complexas da tensão e da corrente ao longo da linha.

As equações de variação são, como sabemos, dadas pelas expressões (2.4) e (2.5) que a seguir repetimos

$$e\,(x, t) = \dot{E}_k\ \varepsilon^{-\gamma x}\ \varepsilon^{j\omega t}$$

$$i\,(x, t) = \frac{\dot{E}_k}{\dot{Z}_o}\ \varepsilon^{-\gamma x}\ \varepsilon^{j\omega t}.$$

Vejamos, para diferentes valores de x, quais são os valores correspondentes de $\varepsilon^{-\gamma x}$ em que $\gamma = 0{,}0049 + j\ 0{,}0218\ \text{Km}^{-1}$. Podemos assim construir o Quadro n.º 1, que damos a seguir

| x Km | $\varepsilon^{-\gamma x}$ |
|---|---|
| 0 | 1 |
| $\lambda/8 = 36$ | 0,594 (1 — j) |
| $\lambda/4 = 72$ | — j 0,705 |
| $3\lambda/8 = 108$ | 0,418 ( — 1 — j ) |
| $\lambda/2 = 144$ | — 0,497 |
| $5\lambda/8 = 180$ | 0,293 ( — 1 + j ) |
| $3\lambda/4 = 216$ | + j 0,35 |
| $7\lambda/8 = 252$ | 0,205 ( 1 + j ) |
| $\lambda = 288$ | 0,244 |
| 300 | 0,222 — j 0,06 |
| $9\lambda/8 = 324$ | 0,145 ( 1 — j ) |
| $5\lambda/4 = 360$ | — j 0,17 |
| $11\lambda/8 = 396$ | 0,1 ( — 1 — j ) |
| $3\lambda/2 = 432$ | — 0,120 |
| $13\lambda/8 = 468$ | 0,72 ( — 1 + j ) |
| $7\lambda/4 = 504$ | + j 0,086 |
| $15\lambda/8 = 540$ | 0,0495( 1 + j ) |
| $2\lambda = 576$ | 0,059 |
| 600 | 0,026 ($\sqrt{3}$ — j ) |

QUADRO N.º 1

A partir dos valores deste quadro e tendo em vista as equações (2.4 e 2.5) podemos construir um gráfico da posição relativa das amplitudes complexas da tensão (ou da corrente) ao longo da linha e para o mesmo instante. Esse gráfico é dado na Fig. 2.

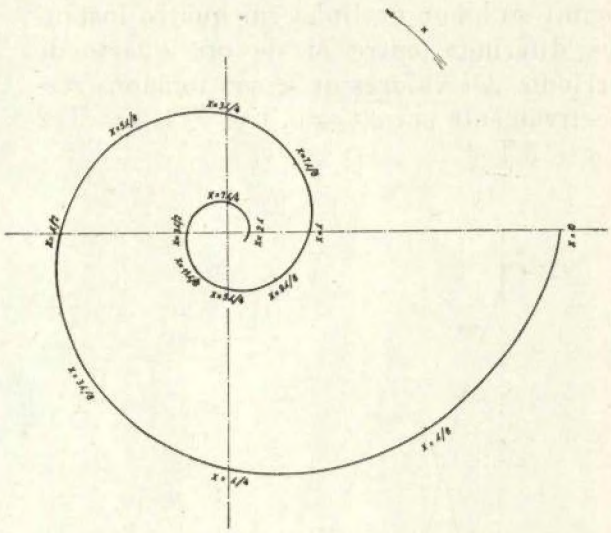


Fig. 2

Por esse gráfico nós vemos que o vector amplitude complexa vai rodando em sentido contrário ao sentido tomado como positivo para os avanços, à medida que vamos progredindo ao longo da linha; vemos ainda que a amplitude desse vector vai diminuindo devido ao efeito de enfraquecimento da linha. No caso de não haver enfraquecimento, o gráfico em questão teria tomado a forma de uma circunferência. Por meio do gráfico da Fig. 2 podemos determinar, para qualquer valor de x, a amplitude da tensão (ou da corrente) e a sua desfasagem em relação à tensão (ou corrente) na origem da linha. Como se indica, a distância de cada ponto da linha à origem é expressa em fracções de comprimento de onda e traduzida pelo ângulo correspondente, contado a partir do eixo real. Para um dado valor de x, marca-se o ângulo correspondente e tem-se imediatamente a respectiva amplitude complexa.

A partir ainda do Quadro de Valores, n° 1, poderemos traçar as curvas de variação dos valores instantâneos da tensão (ou da corrente) ao longo da linha, num certo instante. Trata-se assim, de representar gràficamente a variação de e (x, t) ou i (x, t) com x, para um certo valor de t. Na fig. 3 representamos os gráficos de variação dos valores instantâneos da tensão (ou da corrente) ao longo da linha em quatro instantes diferindo entre si de um quarto de período. Os valores de t, são tomados respectivamente para $t = o$, $t = T/4$, $t = T/2$ e $t = 3T/4$

que, num dado instante, os valores instantâneos são obtidos pela projecção do vector amplitude complexa sobre o eixo imaginário.

Se analisarmos a fig. 2 ou a fig. 3 vemos, por exemplo, que para $x = \lambda/2$, isto é, num ponto da linha distando da origem de meio comprimento de onda, a tensão está desfasada de 180° em relação à tensão aplicada na origem; para $x = \lambda$ a tensão estará em fase com a tensão na origem.

Quer o gráfico da fig. 2 quer as curvas da fig. 3 são igualmente aplicáveis à tensão *ou* à corrente. Se, contudo, desejássemos representar no mesmo gráfico a variação da

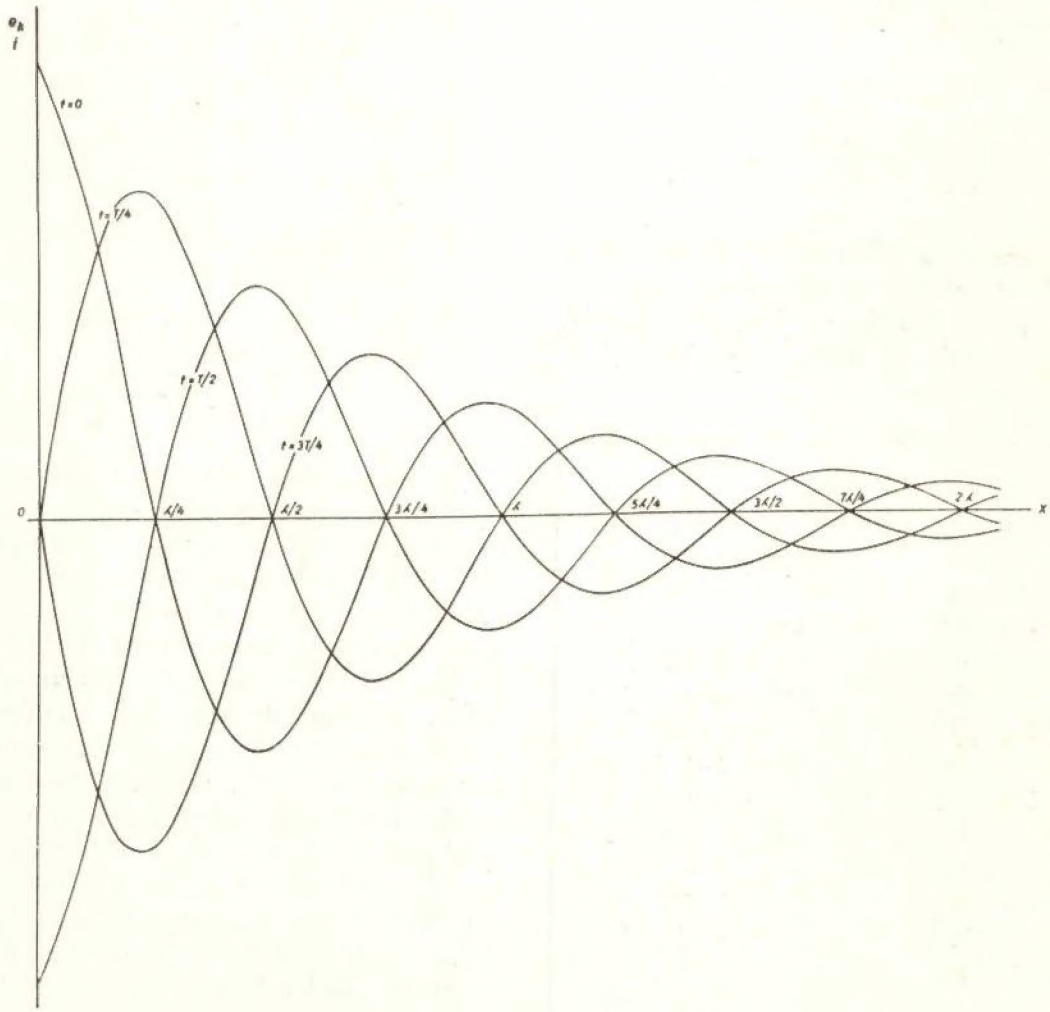



Fig. 3

Podemos ainda verificar que as curvas da fig. 3 se podem obter directamente a partir do gráfico da fig. 2 se atendermos a tensão *e* da corrente, teriamos de manter entre os respectivos vectores a desfasagem que, no caso que estamos tratando em que

a linha está terminada por uma impedância igual à impedância característica, seria constante e igual ao argumento de $\dot{Z}_o$.

Na fig. 4 representamos o gráfico da variação do valor eficaz (ou, noutra escala, do valor máximo) da tensão (ou da corrente) ao longo da linha; este gráfico traduz assim as leituras que seriam dadas por voltímemetros ou amperímetros colocados ao longo da linha e reagindo aos valores eficazes.

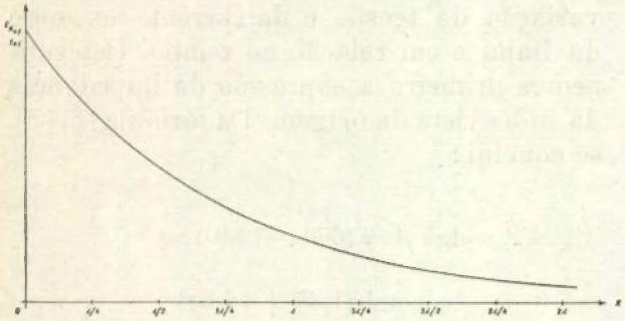


Fig. 4

Finalmente na fig. 5 apresentamos em perspectiva, os lugares geométricos da extremidade do vector amplitude complexa da tensão (ou da corrente), tomados em quatro instantes diferindo entre si, de T/4. Por este gráfico vemos, de forma sugestiva, como roda o vector da amplitude complexa à medida que se progride ao longo da linha.

Todas as curvas das figs. 2, 3, 4 e 5, foram rigorosamsnte desenhadas a partir dos valores obtidos no Quadro I. Os gráficos desenhados não têm indicação das escalas utilizadas por isso não ter interesse para o objectivo em questão que consiste em analisar gràficamente, a variação da tensão (ou da corrente) ao longo da linha telefónica no caso que estamos estudando.

Analisemos agora o que se passa relativamente à *potência fornecida na origem da linha* e à *potência recebida no circuito de terminação da linha.*

Suponhamos que aplicamos na origem da linha uma tensão alternada sinusoidal de valor eficaz 100 Volts e de frequência f = 1.000 c/s. Podemos portanto escrever, utilizando a representação simbólica das correntes alternadas referida a valores eficazes,

$$\dot{E}_k = 100 + j\,0 \text{ V}$$

$$\dot{Z}_o = 686 - j\,140 \text{ Ohm} .$$

A corrente na origem da linha será portanto:

$$\dot{I}_k = \frac{100}{686 - j\,140} = 0{,}143 \,\underline{|11^\circ{,}6}$$

$$= 0{,}14 + j\,0{,}029 \text{ A} .$$

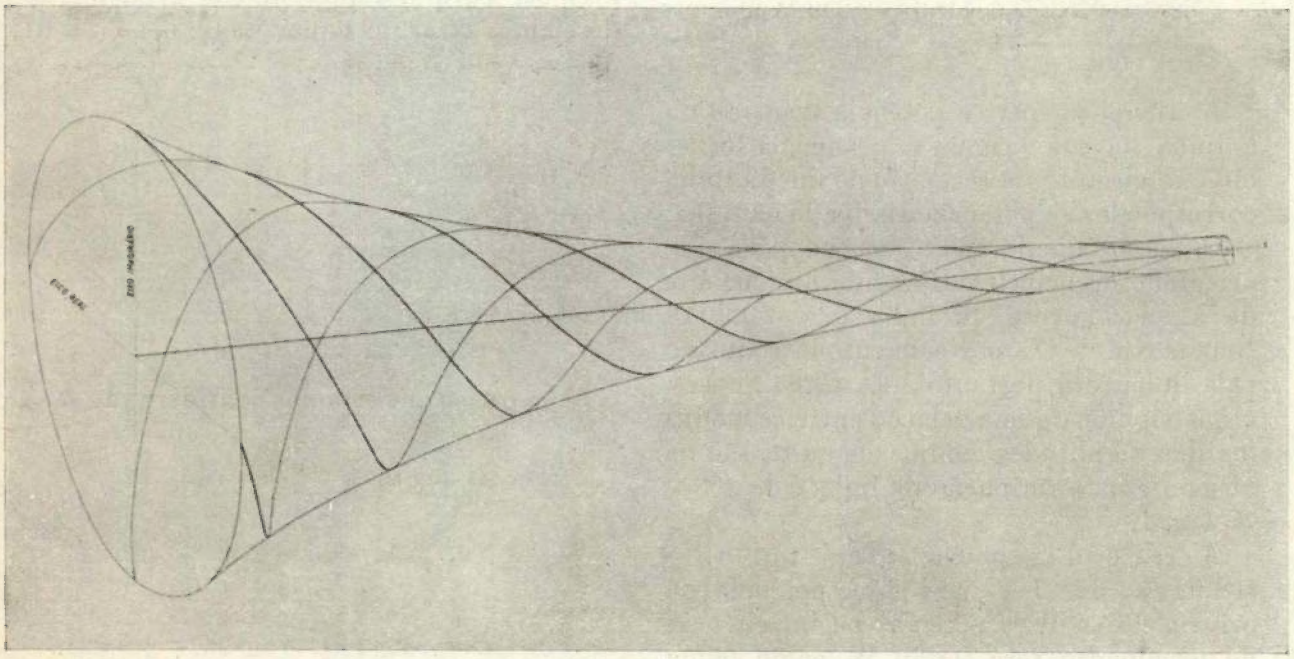


Fig. 5

A potência transmitida à linha na sua origem é pois de

$$100 \times 0{,}14 = 14 \text{ Watts.}$$

Calculemos agora as amplitudes complexas da tensão e da corrente no fim da linha que, como estamos supondo, está terminada por uma impedância igual à sua impedância característica. A tensão será:

$$\dot{E}_l = \dot{E}_k \, \varepsilon^{-\gamma l} = 100 \times 0{,}026 (\sqrt{3} - j) \text{ V}$$

$$= 4{,}5 - j\,2{,}6 = 5{,}2 \,\underline{|-30^\circ} \text{ V.}$$

A corrente será:

$$\dot{I}_l = \frac{\dot{E}_l}{\dot{Z}_o} = \frac{5{,}2 \,\underline{|-30^\circ}}{700 \,\underline{|-11^\circ{,}6}} = 0{,}0075 \,\underline{|-18^\circ{,}4} \text{ A.}$$

A potência dissipada na impedância de terminação da linha será portanto de:

$$5{,}2 \times 0{,}075 \times \cos 11^\circ{,}6 = 0{,}039 \text{ Watts.}$$

A diferença entre a potência transmitida à linha na sua origem e a potência fornecida ao circuito de recepção no fim da linha corresponderá à potência dissipada na linha.

O nosso cálculo podia, contudo, ter sido orientado de maneira diferente. A constante de amortecimento da linha é $\alpha = 0{,}0049$ Nepers $\text{Km}^{-1}$. O amortecimento introduzido pela linha será portanto $\alpha \,.\, l = 2{,}94$ Nepers, o que significa que a relação entre os módulos das amplitudes complexas da tensão na origem e na terminação da linha é de $\varepsilon^{2{,}94} = 18{,}94$.

A razão das potência será portanto $(18{,}94)^2 = 358{,}7$ e para uma potência na origem de 14 W, a potência na impedância de terminação será 0,039 W, como acima tínhamos encontrado.

*Linha em circuito aberto*

Consideremos a linha telefónica que vimos tratando, com o comprimento de $l = 300$ Km., e suposta em circuito aberto na sua extremidade. Consideremos que aplicamos na origem da linha uma tensão alternada sinusoidal de amplitude complexa $\dot{E}_k = 10 + j\,0$ V. e frequência $f = 1.000$ c/s. Vamos, para este caso, calcular as expressões da variação da tensão e da corrente ao longo da linha e em relação ao tempo. Determinemos primeiro a expressão da impedância da linha vista da origem. Da fórmula (3.13), se conclui:

$$\dot{Z}_a = \dot{Z}_o \operatorname{cotgh} \gamma l = (686 - j\,140) \times$$

$$\times \operatorname{cotgh} (1{,}47 + j\,6{,}54) =$$

$$= (686 - j\,140) \times \frac{1 + j \operatorname{tgh} 1{,}47 \times \operatorname{tg} 6{,}54}{\operatorname{tgh} 1{,}47 + j \operatorname{tg} 6{,}54}$$

$$= 765 \,\underline{|-14^\circ{,}7} = 740 - j\,194 \text{ Ohm.}$$

As equações de variação da corrente e da tensão ao longo da linha são, como sabemos (3.23) e (3.24), ou ainda (3.25) e (3.26). Utilizemos, para a representação gráfica que desejamos fazer, as equações (3.23) e (3.24) que a seguir repetimos:

$$i(x, t) = \frac{\dot{E}_k}{\dot{Z}_o} \frac{1}{\varepsilon^{-2\gamma l} + 1} \left[ \varepsilon^{-\gamma x} - \varepsilon^{\gamma (x - 2l)} \right] \varepsilon^{j\omega t}$$

$$e(x, t) = \dot{E}_k \frac{1}{\varepsilon^{-2\gamma l} + 1} \left[ \varepsilon^{-\gamma x} + \varepsilon^{\gamma (x - 2l)} \right] \varepsilon^{j\omega t}.$$

Para o caso que estamos considerando será

$$\dot{E}_k = 10 + j\,0 \text{ V}$$

$$\dot{Z}_o = 700 \,\underline{|-11{,}^\circ 6} = 686 - j\,140 \text{ Ohm}$$

$$\frac{1}{\varepsilon^{-2\gamma l} + 1} = 0{,}956 \,\underline{|1{,}^\circ 4} = 0{,}956 + j\,0{,}024.$$